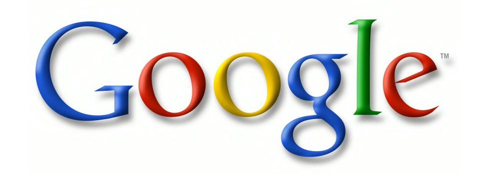


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

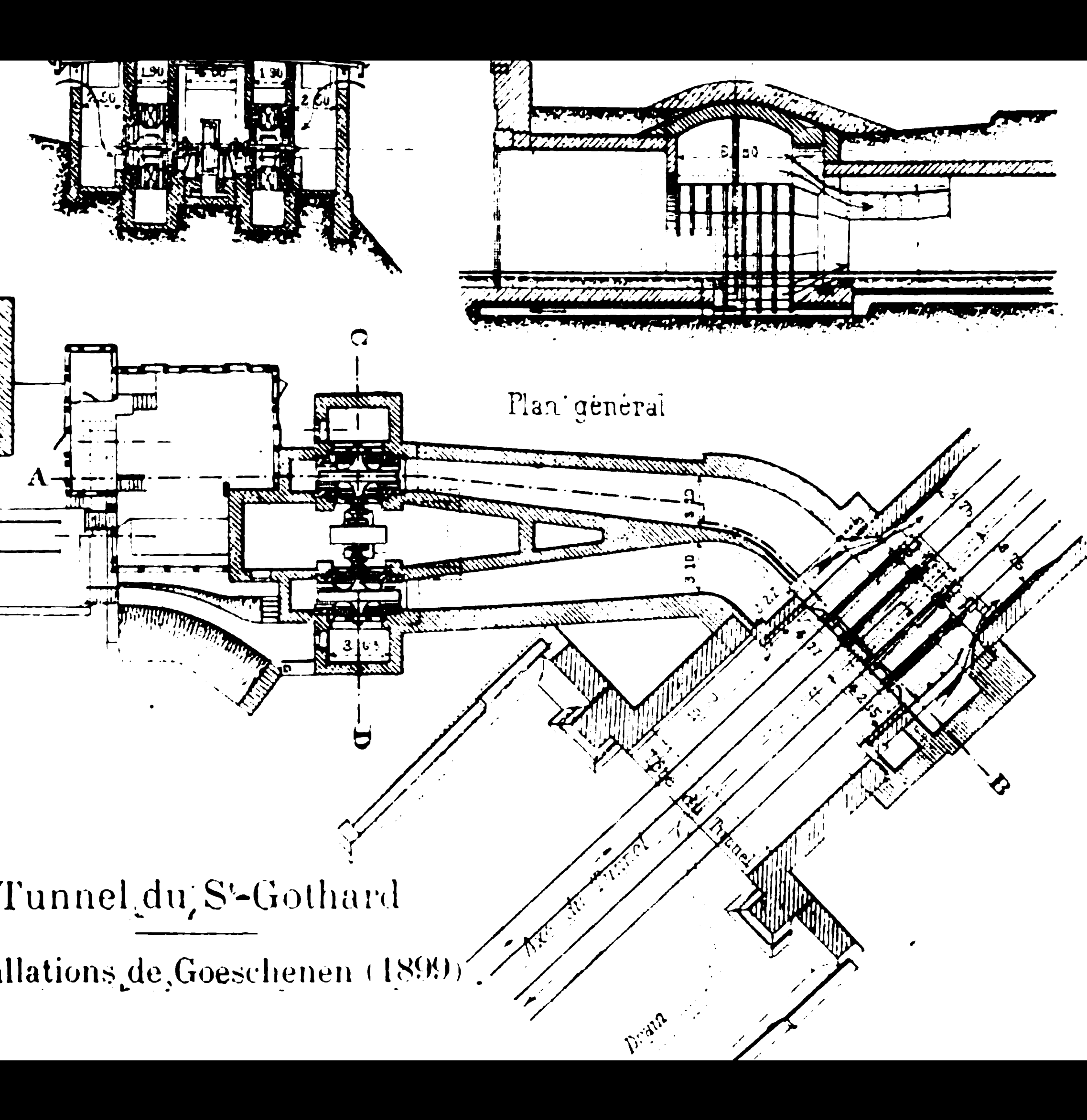
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

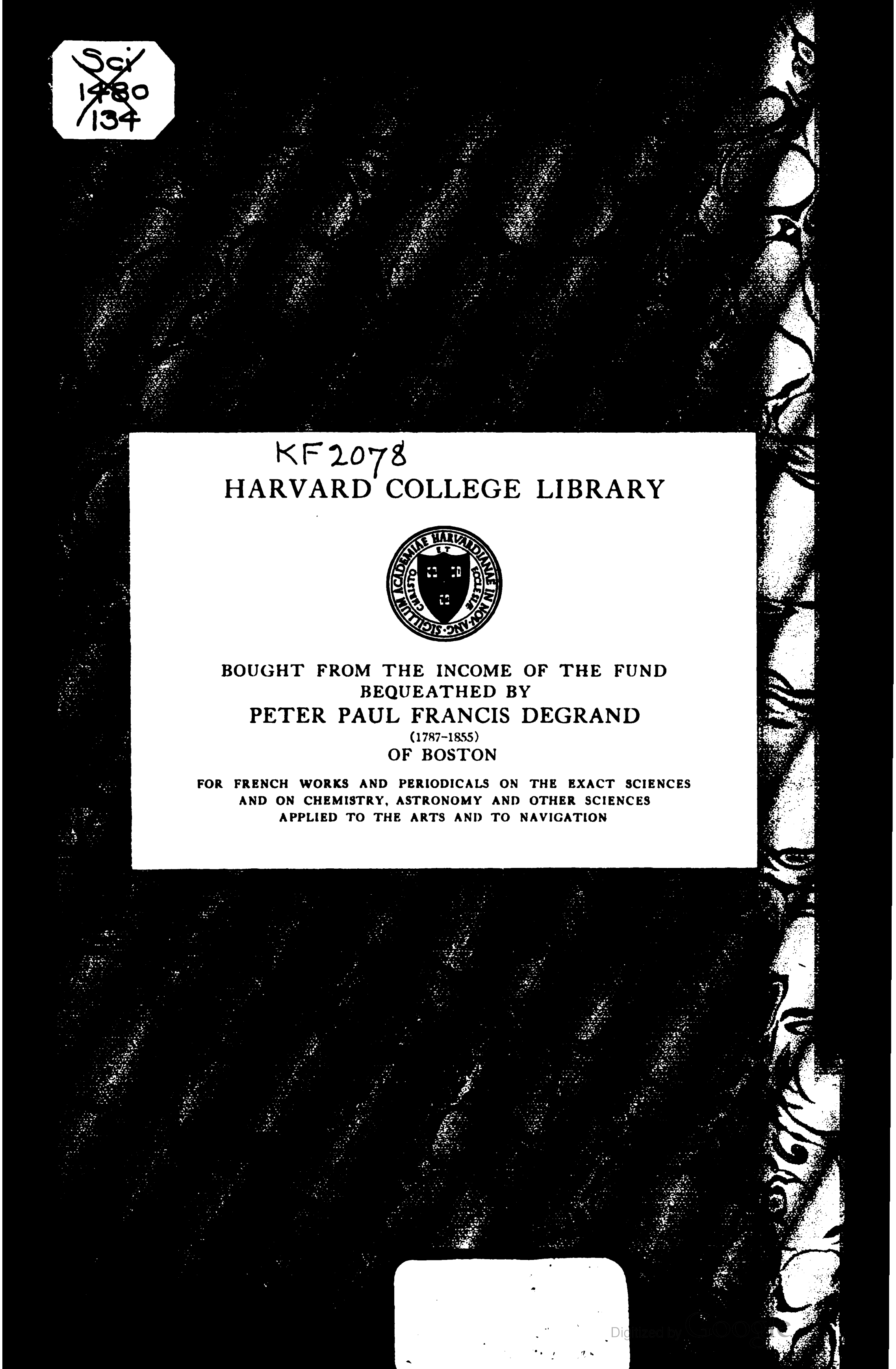
Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/




# Mémoires et compte-rendu des travaux

Société des ingénieurs civils de France

Digitized by Google


Sci 1480 /134

KF 2078

HARVARD COLLEGE LIBRARY

BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787-1855)
OF BOSTON

FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

# SOCIÉTÉ

DES

# INGÉNIEURS CIVILS

## DE FRANCE

**ANNÉE 1907**

---



Digitized by Google

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

Digitized by Google

# MÉMOIRES

ET

# COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

# SOCIÉTÉ

DES

# INGÉNIEURS CIVILS

# DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

---

**ANNÉE 1907**

PREMIER VOLUME

---

PARIS
HOTEL DE LA SOCIÉTÉ
19, RUE BLANCHE, 19

1907

Digitized by Google

KF 2078
~~Sc 1104~~

DEGRAND FUND

Digitized by Google

# MÉMOIRES

ET

# COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

## SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

# BULLETIN

DE

JANVIER 1907

N° 1

## OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de janvier 1907, la Société a reçu les ouvrages suivants :

### Chemins de fer et Tramways.

*Annuaire Marchal des Chemins de fer et des Tramways. Publication officielle. 21e année. 1906* (in-8°, 255 × 160 de 44-1 300 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat. 44693

Blanc (P.). — *Chemins de fer.* 29e édition, revue et augmentée, par P. Blanc. *1907* (Agenda Dunod à 2,50 f) (in-12, 150 × 100 de 18-xxiv-305-lxxii p. avec fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44684

Ladame (J.). — *Simplon-Gemmi-Löetschberg. Critiques,* par James Ladame. Troisième édition, revue et complétée (in-8°, 240 × 160 de 31 p.). Neuchâtel, Mlle Mollet, novembre 1906. (Don de l'auteur). 44686

Marié (G.). — *Les dénivellations de la voie et les oscillations du matériel de chemins de fer*, par M. Georges Marié (Ouvrage extrait des travaux de l'auteur couronné par l'Académie des Sciences en 1906) (Extrait des Annales des Mines, 1er et 2e semestres 1905 et 1er semestre 1906) (in-8°, 255 × 165 de xvi-142 p. avec 26 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44703

Digitized by Google

MARIÉ (G.). — *Les grandes vitesses des chemins de fer. Les oscillations du matériel et la voie*, par Georges Marié (Applications des travaux de l'auteur, couronnés par l'Académie des Sciences et par la Société des Ingénieurs Civils) (Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France. Bulletin d'avril 1906). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44704

MARIÉ (G.). — *Les oscillations du matériel des chemins de fer à l'entrée en courbe et à la sortie*, par Georges Marié (Mémoire couronné par la Société des Ingénieurs Civils et par l'Académie des Sciences) (Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France. Bulletin de novembre 1905) (in-8°, 240 × 155 de 50 p. avec 10 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44705

## Chimie.

HUTTON (R.-S.). — *Electric Heating and its Application to the Fusion and Firing of Refractory Materials*, by R.-S. Hutton (From the Transactions of the English Ceramic Society, 1905-6. Vol. V. Part 2) (in-8°, 220 × 140 de 12 p.). (Don de l'auteur). 44717

PRING (J.) et HUTTON (R.-S.). — *The direct Union of Carbon and Hydrogen at high Temperatures*, by John Norman Pring and Robert Salmon Hutton (From the Transactions of the Chemical Society. 1906. Vol. 89) (in-8°, 215 × 140 de 11 p. avec 2 fig.). (Don de M. Hutton). 44716

## Construction des Machines.

CHAMPLY (R.). — *Le Moteur d'automobiles à la portée de tous*, par René Champly (in-8°, 250 × 165 de XIII-439 p. avec 286 fig.). Paris, H. Desforges, 1907. (Don de l'éditeur.) 44679

WITZ (A.). — *Moteurs à gaz et armes à feu*, par Aimé Witz (Extrait de la Revue des Questions scientifiques, janvier 1907) (in-8°, 230 × 155 de 63 p. avec 9 fig.). Bruxelles, Imprimerie Joseph Polleunis, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44711

## Éclairage.

*Société technique de l'Industrie du Gaz en France. Compte rendu du trente-troisième Congrès tenu les 19, 20, 21 et 22 juin 1906 à Paris, dans la salle de la Société des Ingénieurs Civils de France* (in-8°, 250 × 160 de 734 p. avec 13 pl.). Paris, Imprimerie de la Société anonyme de Publications périodiques, 1906. 44701

## Économie politique et sociale.

CARLES (G.). — *La Turquie économique*. Étude comparative du commerce français et étranger. Développement et mise en valeur des Ressources naturelles, industrielles et commerciales de l'Empire Ottoman, par Georges Carles. Lettre de M. E. Levasseur (in-18, 185 × 130 de IX-121 p.). Paris, Chevalier et Rivière, 1906. (Don de l'auteur.) 44710

Digitized by Google

*Économie sociale. Institutions de MM. Schneider et Cie* (in-4°, 280 × 220 de IX-193 p.). Nevers, Imprimerie Mazeron frères, 1905. (Don de M. Schneider, M. de la S.) 44689

*La question de la prévention des Accidents du travail et de l'Hygiène. Comité d'études, 1904-1905; 1905-1906* (Société Belge des Ingénieurs et Industriels) (in-8°, 240 × 155 de 56 p.). Bruxelles, Imprimerie A. Lesigne, 1906. (Don de la Société Belge.) 44709

*Résultats statistiques du Recensement général de la population effectué le 24 mars 1901. Tome II. Population présente. Région du Sud-Est* (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Service du Recensement) (in-4°, 270 × 220 de XVI-803 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don du Ministère du Commerce.) 44695

*Résultats statistiques du Recensement général de la Population effectué le 24 mars 1901. Tome III. Population presente. Regions de l'Ouest et du Midi* (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Service du Recensement) (in-4°, 265 × 215 de XVI-890 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don du Ministère du Commerce.) 44687

*Résultats statistiques du Recensement général de la Population effectué le 24 mars 1901. Tome IV. Population présente. Résultats généraux* (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail. Direction du Travail. Service du Recensement) (in-4°, 270 × 220 de XXV-997 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don du Ministère du Commerce.) 44682

*Tableau général du Commerce et de la Navigation. Année 1905. Premier volume. Commerce de la France avec ses Colonies et les Puissances Étrangères* (République Française. Direction générale des Douanes) (in-f°, 365 × 275 de 120-818 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. 44702

## Électricité.

Barbillion (L.). — *Cours municipal d'Électricité industrielle*, par L. Barbillion (Institut électrotechnique de l'Université de Grenoble) (in-8°, 255 × 165 de VII-461 p. avec 460 fig.). Paris, E. Bernard, 1907. (Don de l'éditeur.) 44715

Niewenglowski (P.). — *Précis d'Électricité*, par Paul Niewenglowski (Encyclopédie des Travaux publics fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 250 × 165 de II-200 p. avec 64 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. (Don de l'éditeur.) 44708

## Enseignement.

*École spéciale d'Architecture. Année 1906-1907. Séance d'ouverture du 17 octobre 1906. Présidence de M. Armand Grébauval* (in-8°, 225 × 140 de 38 p.). Paris, Delalain frères. 44698

Digitized by Google

*Schneider et Cie. Cours supérieur. Programme des études* (in-4°, 280 × 220 de 76 p.). Nevers, Imprimerie Mazeron frères, 1905. (Don de M. E. Schneider, M. de la S.). 44690

*Université libre de Bruxelles. LXXIIIe année académique. Annuaire pour l'année académique 1906-1907. Statuts organiques de l'Université. Renseignements divers* (in-8°, 235 × 155 de 178 p.). Bruxelles Émile Bruylant, 1906. 44683

**Métallurgie et Mines.**

HUTTON (R.-S.). — *The Electric Furnace and its Applications to the Metallurgy of Iron and Steel*, by R.-S. Hutton (Reprinted from « Engineering », December 7 th 1906) (in-8°, 215 × 140 de 15 p.). London, Offices of Engineering. (Don de l'auteur.) 44718

**Navigation aérienne, intérieure et maritime.**

GÉRARD (L.). — *Traction électrique des bateaux sur les canaux*, par Léon Gérard (Extrait du Bulletin de la Société Belge des Électriciens. Tome XXIII, 1906) (in-8°, 245 × 160 de 41 p. avec 15 fig.). Bruxelles, Imprimerie F. Vanbuggenhoudt, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44678

**Physique.**

DWELSHAUVERS-DERY (V.). — *Réflexions sur l'énergétique*, par V. Dwelshauvers-Dery (Extrait de la Revue de Mécanique, novembre 1906) (in-4°, 320 × 225 de 30 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44685

**Sciences mathématiques.**

BAZARD (A.). — *Cours de Mathématique*, par A. Bazard. *Premier volume : Mécanique théorique. Deuxième volume : Mécanique appliquée, Résistances passives. Résistance des matériaux. Statique graphique* (2 vol. in-8°, 280 × 190 de 507 p. avec 443 fig. et de 536 p. avec 428 fig.). (Cours professés aux Écoles d'Arts et Métiers). Paris, E. Bernard, 1907. (Don de l'éditeur.) 44713 et 44714

LALLEMAND (Ch.). — *Les abaques hexagonaux. Nouvelle méthode générale de calcul graphique avec de nombreux exemples d'application, etc.*, par M. Ch. Lallemand (Ministère des Travaux publics. Nivellement général de la France) (in-4°, 305 × 210 de 107 p. avec 50 fig. et 13 pl. autog.). Paris, J. Marchadier et Cie, 1885. (Don de l'auteur.) 44688

**Sciences Morales. — Divers.**

*Notice sur les travaux scientifiques de M. Carlo Bourlet* (in-4°, 275 × 220 de 32 p.). Paris, Imprimerie Lahure, 1906. (Don de M. A. Hillairet, M. de la S.). 44706

*Notice sur les travaux scientifiques de M. Maurice d'Ocagne* (in-4°, 270 × 220 de 59 p. avec 5 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1901. (Don de M. A. Hillairet, M. de la S.). 44707

Digitized by Google

## Technologie générale.

*Annales de la Société d'Agriculture. Sciences et Industrie de Lyon. Septième série. Tome dixième, 1902* (in-8°, 260 × 175 de 131-31-xcvii p.) Lyon, Alexandre Rey; H. Georg. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1903. 44675

*Annales de la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon. Huitième série. Tome premier, 1903* (in-8°, 260 × 175 de 199-lxxi p.). Lyon, Alexandre Rey; H. Georg.. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1904. 44676

*Annales de la Société d'Agriculture. Sciences et Industrie de Lyon. Huitième série. Tome second, 1904* (in-8°, 260 × 175 de 165-cxxvi p.). Lyon, Alexandre Rey; H. Georg.. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1905. 44677

*Bulletin du Laboratoire d'Essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers. N° 9. 1905-1906. Valeur comparative des trois étalons lumineux à flamme : Carcel. Hefner, Vernon-Harcourt. Rapport sur les études effectuées,* par M. A. Perot et M. P. Janet (in-8°, 250 × 165 de 11 p.). Paris, Ch. Béranger, 1906. (Don du Directeur du Laboratoire d'Essais au Conservatoire national d'Arts et Métiers.) 44681

*Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, with other selected and abstracted Papers. Vol. CLXVI. 1905-06. Part IV* (in-8°, 215 × 140 de vii-487 p. avec 10 pl.). London, Published by the Institution, 1906. 44696

*Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Subject-Index Vols CLXIII-CLXVI. Session 1905-1906* (in-8°, 215 × 135 de 22 p.). London, William Clowes and Sons Limited. 44697

Picard (A.). — *Exposition universelle internationale de 1900, à Paris. Le Bilan d'un siècle (1801-1900), par M. Alfred Picard. Tome troisième. Agriculture, Horticulture, Forêts, Chasse, Pêche, Industries alimentaires* (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail) (in-8°, 285 × 195 de 437 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44680

*The Junior Institution of Engineers (Incorporated) Journal and Record of Transactions. Volume XVI. Twenty-fifth session 1905-1906* (in-8°, 210 × 140 de ix-501 p.). London, Percival Marshall and C°, 1906. 44691

## Travaux Publics.

*Annales des Ponts et Chaussées, 1re Partie. Mémoires et Documents. 76e année, 8e série. Tome XXIII, 1906, 3e trimestre* (in-8°, 255 × 165 de 310 p. avec pl. 17 à 25). Paris, E. Bernard. 44694

Digitized by Google

*Annuaire d'adresses des Fonctionnaires du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, des Chemins de fer, de la Navigation, des Mines, de l'Industrie et des Banques*, par MM. Marande, Moreau et Billy. *1907* (in-12, 175 × 110 de 434 p.). Paris, au Bureau des Huissiers du Cabinet du Ministre. 44692

HÉNARD (E.). — *Études sur les Transformations de Paris, par Eug. Hénard. Fascicule 7. Les Voitures et les Passants. Carrefours libres et Carrefours de giration* (in-8°, 240 × 155, pages 243 à 303). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1906. (Don de l'auteur.) 44699

KORTZ (P.). — *Wien am Anfang des XX. Jahrhunderts. Ein Führer in Technischer-und Künstlerischer Richtung*. Herausgegeben vom Österreichischen Ingenieur-und Architekten-Verein. Redigiert Ingenieur Paul Kortz. *Erster Band : Charakteristik der Stadt. Ingenieurbauten* (in-8°, 285 × 200 de XI-388 p. avec XVII pl. et 297 fig.). Wien, Verlag von Gerlach und Wiedling, 1905. (Don de l'Österr. Ingenieur-und Architekten Verein.) 44712

KORTZ (P.). — *Wien am Anfang des XX. Jahrhunderts. Ein Fürher in Technischer-und Künstlerischer Richtung*. Herausgegeben vom Österreichischen Ingenieur-und Architekten-Verein. Redigiert Ingenieur Paul Kortz. *Zweiter Band : Hochbauten, Architektur und Plastik* (in-8°, 285 × 200 de VIII-543 p. avec XIV pl. et 867 fig.). Wien, Verlag von Gerlach und Wiedling, 1906. (Don de l'Österr. Ingenieur-und Architekten-Verein.) 44700

---

Digitized by Google

## MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de janvier 1907, sont :

Comme Membres d'Honneur, MM. :

M. Lévy, présenté par MM. Hillairet, Cornuault, Harlé.
N. Mascart, — Hillairet, Cornuault, Harlé.

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

P. Blaché, présenté par MM. Gadot, J. Petit, J. de Traz.
Ch. Bouillon, — Harlé, J. Rey, G. Sautter.
P. Brandt, — Charlot, Chassin, Guillomot.
G. Desaulles, — Barbet, Besson, Gallois.
F. Desgranges, — Belmère, L. Joubert, Mazen.
H. Dieppedalle, — Bodard, Brancher, Fribourg.
G. Duché, — Hillairet, Desroziers, de Bovet.
C. Gleyre, — Jourdain, Letombe, Lorin.
L. Goguel, — Ganne, A. Jung, Savy.
M. Latour, — Hillairet, Goldsmith, Mazen.
H. Pataud, — Hillairet, Goldsmith, Mazen.
R. Pornin, — de Grièges, Pornin, Soreau.
Ch. Prache, — Harlé, J. Rey, Sautter.

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

J. Guillemin, présenté par MM. H. Garnier, G. Guillemin, Guillet.
L.-M. Heilmann, — Lépine, Navet, Nicolet.
J. Le Chatelier, — Bernard, A. Bougault, Jubeau.

Digitized by Google

# RÉSUMÉ

DES

# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1906

---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA

## SÉANCE DU 4 JANVIER 1907

---

I

Présidence de M. A. Hillairet, Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

M. A. Hillairet, Président sortant, prononce le discours suivant :

Mes Chers Collègues,

La situation financière de notre Société au 30 novembre dernier vous a été exposée au cours de la séance du 21 décembre; votre attention a été appelée sur les dépenses exceptionnelles de l'exercice (modification de l'éclairage, fermeture en fer des portes et fenêtres sur la rue, travaux de réparation de la grande salle, établissement de générateurs neufs pour le chauffage) s'élevant à 20 300,50 f; sur les bénéfices normaux de l'exercice qui atteignent 17 962,40 f, soit en progression de plus de 5 000 f sur les bénéfices de l'exercice précédent grâce à l'accroissement de nos locations; et sur l'accroissement de 70 723,70 f porté à notre Avoir.

Cet accroissement provient, pour la plus grande part :

1° Du don de notre ancien Président M. L. Coiseau, soit 11 250 f (arrérages au fonds de secours);

2° Du don de nos Collègues, MM. Henri Chevalier et Émile Vallot et de la famille Chevalier, en souvenir de MM. Émile Chevalier et André Chevalier, nos regrettés collègues, soit 4 000 f (arrérages pour un prix triennal);

Digitized by Google

3° Du legs MOREAUX, soit 40 000 f (arrérages pour un prix quinquennal);

4° Du legs POST, soit 10 267,60 f (sans affectation spéciale);

5° Du legs CERNUSCHI, soit 5 000 f (sans affectation spéciale).

Nous avons reçu de Madame MONCHOT, de MM. AUDBERT, THUILLIER et CHAFFIN une somme de 256 f sans affectation spéciale, et de notre vénéré Collègue, M. Jules GAUDRY, ainsi que de MM. GROSDIDIER et ROBINEAU, une somme de 1 564 f pour notre Fonds de secours.

Je renouvelle les remerciements de notre Trésorier à nos généreux donateurs. et je remercie notre Trésorier lui-même, M. de Chasseloup-Laubat, de sa vigilante gestion.

A propos des derniers legs pour fondations de prix. votre Bureau m'a chargé de vous faire savoir combien il serait intéressant de disposer de fondations de même nature pour faciliter des recherches ou des missions, dont les résultats seraient exposés en séance et réunis en mémoires.

Le nombre des admissions du 30 novembre 1905 au 30 novembre 1906 a été de 132 contre 136 dans l'exercice précédent. Cette diminution peut être attribuée aux événements du mois de mai dernier pendant lequel le nombre des demandes a été très faible, d'où un nombre d'admissions très inférieur à la normale en juin et juillet.

Les demandes sont revenues en octobre avec une allure qui permet d'espérer un accroissement important des admissions pendant le prochain exercice.

Le nombre de nos Collègues décédés a été de 63, un peu inférieur à la moyenne qui accuse une mortalité annuelle voisine de 2 0/0 de notre effectif.

Nous adressons un dernier souvenir à nos regrettés collègues : A. Bécard, J. J. Buddingh, F. de la Brière, V. Caillard, A. Leconte, Ch. A. Le Marchand, A. Pinart, Ch. Pinat, Ch. Pot, J. Rouvière, M. Bixio, G. Lévi, W. P. Trenery, J. Ch. M. Dorion, A. Marsaux, F. Morel, A. Lecomte. Ch. Pronnier, F. Sauvaget, E.-J. Charruyer, J. de Koning, F. Bourdet, E.-A. Zuber, M. Gény, E. Guérin de Litteau, Ch. J. Noël, Hallier-Adrien, P. Morice, L. Bécourt, M. Farjasse, A. de Laborie, M. Cornet y Masriera, A. Bazin, R. Bischoffsheim, Ch. G. Bontemps, A.-H. Bricard, Th.-J. de Joly, L.-L. Perreau, A.-C. Barlet, J.-P.-A. Gouilly, D. Becker, G.-J. Chaligny, P.-E. Chevalier, L.-P.-L. Delahaye. P. Doucet. P.-A. Dubois, L.-P. Dupuy, J. A. Fleury, C. Granddemange, J.-B. Le Bouvier, L. Malo, A. Moisant, E.-G.-G. Paliès, E. Tomson, P. de Clervaux, Ed. Despret, J.-J. de Mattos, A. Baumann, A. Fleury, A. Howatson, Ch. Jeantaud, E.-W. Windsor, Zaba.

Nous sommes heureux d'avoir à rappeler que 15 de nos Collègues t été nommés Officiers de la Légion d'honneur, parmi lesquels M. G. Dumont et H. Couriot, anciens Présidents, M. Harlé, Présint de section, et MM. G. Vésier et Ch. Compère, membres du mité; et 45, Chevaliers de la Légion d'honneur, parmi lesquels

Digitized by Google

M. Kœchlin, membre du Comité, MM. Bel, Candlot et Lavezzari anciens membres du Comité et M. H. Julliot, titulaire du dernier Prix annuel.

Nous avons enregistré la nomination de 11 Officiers de l'Instruction publique, 27 Officiers d'Académie, 3 Officiers et 13 Chevaliers du Mérite agricole, et de 16 Décorations étrangères parmi lesquelles la croix de Grand Officier du Mérite Naval d'Espagne attribuée à notre ancien Président, M. G. Canet.

Notre Prix annuel a été décerné à MM. H. Julliot et G. Marié, *ex æquo*.

M. Julliot a reçu, d'autre part, la distinction honorifique que nous venons de rappeler et qui consacre la valeur de ses travaux concernant l'aréostation ; M. Marié a reçu, dernièrement, de l'Académie des Sciences, le prix Montyon de mécanique. Le jury du prix annuel ne pouvait espérer des confirmations plus flatteuses de sa décision.

Le Prix Gottschalk a été décerné à M. G. Hart, et le Prix Nozo à M. Guillet, qui, d'autre part, a reçu la médaille d'or Carnegie de l'Iron and Steel Institute.

Le Prix Wilde, entraînant avec lui la médaille Berthelot a été décerné par l'Académie des Sciences à M. C. Canovetti.

La Société Industrielle de Mulhouse a décerné le Prix Émile Dollfus à M. Émile Schwoerer ; l'American Electro-Chemical Society le Prix A.-B. Fraenzel à M. G. Gin et la Société Industrielle de Rouen le prix quinquennal de l'Exposition, à M. J. Garçon.

Notre ancien Président, M. G. Canet, a été nommé membre de la Commission d'études des approvisionnements en poudres et explosifs de guerre, et notre ancien Président M. P. Bodin, membre de la Commission technique du laboratoire d'essais du Conservatoire National des Arts et Métiers.

MM. H. Béliard, L.-A.-L. Godard-Desmarest, F.-F.-G. Journet, J.-F.-P. Kestner, L.-G. Worms, V. Boilève, A. Ellissen, L. Gugenheim, A. Lang, ont été nommés Conseillers du commerce extérieur.

Notre Société a été représentée au sixième Congrès de chimie appliquée à Rome (26 avril-3 juin) au Congrès du Sud-Ouest navigable à Bergerac (6-8 juillet), et au quatrième Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux à Bruxelles (5-9 septembre).

M. A. Gouvy, délégué au Cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs Allemands, nous a rendu compte de sa mission dans la séance du 5 octobre.

Le tableau suivant montre le nombre et l'importance des sujets traités en séance et dans notre Bulletin pendant ce dernier exercice.

## Ire SECTION.

### Travaux publics et privés.

*Les constructions civiles et les industries diverses de Berlin en 1905-1906. Compte rendu du cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs allemands*, par M. A. Gouvy.

Digitized by Google

*Murs de soutènement en maçonnerie avec éperons en béton armé*, par M. F. Chaudy. Observations de M. J. Groselier.

*Phases d'essais de renflouage du cuirassé* Montagu, par M. M. Dibos. Observations de M. P. Besson.

*Conditions hydrauliques des grandes voies navigables du globe, envisagées plus spécialement au point de vue des courants dans leurs divers chenaux*, par M. E. L. Corthell.

*Nouveau règlement du Conseil fluvial pour la rivière Whangpou*, communiqué par M. J. Chollot.

*Pont de Commerce à arcs conjugués de Liège*, par MM. Th. Seyrig. Lettres de MM. F. Chaudy et Th. Seyrig.

*Ventilation des tunnels de chemins de fer et des métropolitains souterrains* (1re partie), par M. C. Birault.

*Le genie civil et la beauté publique*, par M. G. Trélat.

## IIe SECTION.

### Industrie des transports.

*Les chemins de fer à crémaillère*, par M. Lévy-Lambert.

*Les grandes vitesses des chemins de fer. Les oscillations du matériel et la voie*, par M. G. Marié.

*Chemins de fer de montagnes. Traction sur crémaillère ou par adhérence*, étude comparative, par M. A. Mallet.

*Les locomotives à l'Exposition de Liège*, par M. A. Herdner.

*Observations au sujet du mémoire de M. A. Herdner. sur les locomotives à l'Exposition de Liège*, par M. A. Mallet.

*Les chemins de fer africains*, étude d'ensemble, par M. Salesses.

## IIIe SECTION.

### Mécanique et ses applications.

*État actuel du moulage mécanique*, par M. E. Ronceray.

*Les compteurs en général et plus spécialement les compteurs électriques*, par M. F. Brocq. Observations de MM. P.-A. Bergès, E. Kern et F. Brocq.

*Nouveaux types d'abaques. La capacité et la valence en nomographie*, par M. R. Soreau.

*Étude sur les turbines à gaz*, par M. L. Sekutowicz. Observations de MM. J. Deschamps, René Armengaud et Sekutowicz.

*Généralités sur les moteurs et specialement sur les turbines à gaz*, par M. J. Deschamps.

*Discussion sur les turbines à gaz*, par MM. J. Deschamps, René Armengaud, A. Barbezat, J. Rey, G. Hart, L. Letombe, A. Bochet, Ch. Wehrlin, L. Sekutowicz, Jean Rey, M. Armengaud et lettres de M. le professeur Stodola et de M. J. Deschamps.

*Note sur le développement de l'application des turbines à vapeur à la propulsion des navires*, par M. G. Hart.

*Notes sur l'emploi de la chaîne Galle et des chaînes articulées*, par M. Ed. Henry.

*Note sur le desserrage des écrous*, par M. A. Minne.

Digitized by Google

## IVe SECTION.

### Mines et Métallurgie.

*L'industrie sidérurgique aux États-Unis*, par M. G. Rivière.

*Le Chili minier et métallurgique au point de vue le plus récent*, par M. Ch. Vattier.

*Fabrication des alliages ferro-métalliques au four électrique*, par M. P. Girod. Observations de MM. L. Guillet et L. Clerc.

*Traitement thermique des produits métallurgiques*, par M. L. Guillet.

*Sur l'influence de la température sur la fragilité des métaux*, par M. G. Charpy.

## Ve SECTION.

### Physique et Chimie industrielles. — Divers.

*Industrialisation de la fermentation des vins et des cidres*, par M. E. Barbet. Observations de M. P. Besson.

*Compte rendu du Congrès français de la prevention du feu dans les bâtiments*, tenu à Paris du 1er au 5 Mars 1906. — Résumé analytique des travaux, par M. H. Favrel. Observations de M. P. Regnard et lettre de M. P. Crozet.

*Les charrues d'Asie*, par M. H. Chevalier.

*Représentation du fonctionnement des gazogènes à gaz pauvre*, par M. Sire de Vilar.

*IIe Congrès d'assainissement de l'habitation réuni à Genève en 1906*, par M. E. Cacheux.

*Le quatrième état de la matière*, par M. P. Besson. Observations de M. L. Guillet.

*L'analyse électrolytique*, par M. A. Hollard. Observations de M. L. Guillet.

*Les essais mécaniques et analyse du papier, leur but, leurs conséquences*, par M. E. Favier.

*Discussion sur la soudure autogène des métaux*, par MM. P. Dumesnil, R. Arnoux, Fouché, Brocq et lettre de M. G. Jaubert.

*Compte rendu du Congrès de chimie appliquée de Rome*, par M. E. Barbet. Observations de M. L. Guillet.

## VIe SECTION.

### Industries Électriques.

*L'éclairage électrique des trains de chemins de fer par le système L'Hoest-Pieper*, par M. L'Hoest. Observations de M. A. Bochet.

*Le funiculaire électrique de Nancy*, par M. E. Bernardet.

*Les récentes lampes à incandescence*, par M. A. Larnaude.

*La traction électrique appliquée aux chemins de fer*, par M. N. Mazen.

On remarquera que les différentes sections ont contribué à ces travaux dans une mesure assez égale, étant donné surtout que ce résultat n'est qu'une fraction des prévisions.

Digitized by Google

Des 31 communications, 6 ont donné lieu à d'importantes discussions; 8 mémoires non présentés en séance ont été publiés dans le Bulletin.

Chaque numéro de celui-ci a comporté, suivant un usage ininterrompu de 27 années, une chronique de notre Collègue M. Mallet qui, dans ses extraits et ses commentaires, nous apporte le concours apprécié de son expérience et de son érudition.

Les auteurs des travaux que nous avons appelés ont droit à notre reconnaissance : une Société technique n'a de valeur que par ses travaux.

Notre Collègue, M. Claude, nous a montré le 23 janvier, à l'usine de Boulogne, ses procédés exploités par la Société de l'Air liquide.

Le 22 décembre, nous avons visité le Salon de l'Automobile, où des conférences nous ont été faites par nos Collègues : MM. Arnoux, L. Périssé, Lumet et Montbarbon.

Les services généraux de notre Société ont donné toute satisfaction sous l'active direction de M. de Dax, Secrétaire administratif, collaborateur précieux du Président, du Bureau et du Comité. J'adresse nos remerciements à M. de Dax, au personnel du Secrétariat et au personnel de la Bibliothèque.

Beaucoup de nos Collègues ne connaissent pas les services que notre organisation peut leur rendre : recherches de renseignements techniques, introductions en France et à l'étranger. Nous avons été assez heureux, cette année, pour rendre quelques services de cette nature.

Mes Chers Collègues,

Vous avez allégé, au delà de ce que j'espérais, la charge que j'appréhendais l'année dernière, à pareille époque.

Votre désir de développer la puissance de notre Société; les bonnes relations que vous avez entretenues avec votre Comité et votre Bureau et l'entente parfaite qui n'a cessé de nous unir, ont donné à l'accomplissement de nos travaux cette apparence de douceur qui caractérise le jeu des organismes les mieux ajustés et les plus efficaces.

Je vous remercie de vos efforts et de votre amitié; je vous en garde une profonde reconnaissance et vous demande d'en conserver la faveur à mon successeur, M. Cornuault.

*Se tournant vers* M. E. Cornuault, *nouveau Président :*

Mon Cher Président,

Votre carrière d'Ingénieur présente une unité et un caractère qui vous ont valu nos suffrages.

Vous avez débuté à la Société des Hauts Fourneaux de Saint-Louis, Gaz de Marseille et des Mines de Portes et Sénéchas. Vous en êtes venu Directeur, puis Administrateur délégué.

Les intérêts généraux de votre industrie vous passionnaient : vous z été Secrétaire, Vice-Président, puis Président de la Société techni- du Gaz en 1889.

n 1883, vous avez présenté à cette Société une remarquable étude

sur les *Compagnies Gazières à Londres*, dont l'exploitation était peu ou mal connue en France. A l'Exposition de 1889, vous fûtes Rapporteur du Jury qui examina les appareils et procédés d'éclairage non électrique: votre remarquable étude sur l'éclairage à l'huile végétale, à l'huile minérale et au gaz, reste un document important de la situation de ces procédés d'éclairage à cette époque.

Lors de cette même Exposition, vous avez contribué à l'installation de l'éblouissant Pavillon du gaz, qui a fait l'admiration des intéressés, et, en particulier, des électriciens.

Peu après, Rapporteur de la Commission scientifique du gaz à Paris, nommée par le Ministère de l'Intérieur, vous vous signaliez par un nouveau travail qui vous valut votre nomination dans la Légion d'honneur au titre de « services exceptionnels rendus à la Ville de Paris ».

Plus tard, vous êtes porté à la présidence du *Syndicat de l'Industrie du Gaz.*

Dans cette situation, vous soutenez une lutte qui convient à votre ardeur combative, toujours sur la brèche, défendant avec succès votre industrie contre les assauts les plus divers.

Je souhaite que le succès vous accompagne ici, et, en formant ce vœu, je vous remets, mon cher Collègue, la présidence de la Société des Ingénieurs Civils de France. *(Vifs applaudissements.)*

M. E. Cornuault, nouveau Président, après avoir serré la main de M. A. Hillairet, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Mon Cher Président,

Je suis vraiment confus des paroles élogieuses que vous venez de m'adresser. Si elles me touchent infiniment, c'est parce qu'elles viennent d'une personnalité comme la vôtre, c'est-à-dire d'un homme dont sont universellement appréciés dans le monde des Ingénieurs, non seulement la science et la valeur technique, mais aussi le caractère, qui, en toutes circonstances, lui a toujours permis d'exprimer haut et clair sa pensée.

Nous l'avons bien souvent constaté, ici même, dans ces remarquables résumés complémentaires des communications faites sous votre présidence, résumés que vous faisiez d'abondance, et où apparaissaient en même temps que votre érudition connue, votre amour des principes, des idées nettes et précises; nos procès-verbaux n'en relatent vraiment que l'expression bien affaiblie; mais nous qui les avons entendus, nous en garderons longtemps le souvenir, et il me reste à vous dire, mon Cher Président, que vous avez rendu bien difficile la tâche de votre successeur.

Le hasard — plutôt que la malice de nos Collègues — a voulu que ce fût un gazier qui succédât, au fauteuil, à un électricien; et, si c'est sur nos deux noms qu'ils ont entendu réaliser l'union des deux industries, autrefois rivales, ils ont bien réussi, car jamais plus sympathique collaboration n'a réuni le Président et le Vice-Président, le prédécesseur et le successeur. *(Bravo. Bravo. Applaudissements.)*

Digitized by Google

Mes Chers Collègues,

Ma première pensée en prenant le fauteuil de la présidence est de vous exprimer ma gratitude pour l'insigne honneur que vous m'avez fait en m'y appelant.

Être élevé à la première place par les suffrages de ses pairs, constitue pour l'Ingénieur civil, l'honneur le plus grand qu'il puisse envier.

Je vous remercie profondément de me l'avoir donné.

J'ai plaisir maintenant à saluer en votre nom, mes Chers Collègues, nos nouveaux élus de cette année :

Tout d'abord notre Vice-Président, M. Reumaux, mon futur et éminent successeur, qui a été désigné unanimement à vos suffrages, et dont la réputation, dans l'Industrie houillère, est hors de pair;

Enfin les deux nouveaux Présidents de Sections, MM. Barbet et Postel-Vinay qui, chacun dans leurs spécialités respectives des grandes Industries chimique et électrique, portent des noms connus et estimés de tous.

Permettez-moi maintenant, mes Chers Collègues, suivant en cela l'exemple donné par beaucoup de mes prédécesseurs, de vous entretenir quelques instants de l'Industrie qui a principalement occupé ma carrière, je veux dire de l'Industrie de l'éclairage en général et de l'éclairage au gaz en particulier :

L'éclairage intéresse l'humanité tout entière.

Lorsque le soleil disparait à l'horizon, l'homme civilisé a recours, pour remplacer la lumière du jour et prolonger les conditions de la vie sociale, à des lumières artificielles dont le nombre et l'intensité augmentent sans cesse de nos jours, sans qu'on puisse rationnellement leur assigner d'autres limites que la clarté du jour lui-même, limite bien éloignée si, s'en rapportant aux travaux anciens de Bouguer et aux évaluations plus récentes de Fontaine, on considère que la quantité de lumière solaire répandue dans une ville comme Paris, par exemple, représente plus de 10 000 fois la valeur de l'éclairage artificiel tout entier, tel qu'il est pratiqué actuellement dans la capitale.

On peut donc vraiment dire que le champ d'action de l'éclairage est indéfini.

On peut dire aussi que l'éclairage est essentiellement moderne.

Depuis les temps les plus reculés jusqu'à presque la fin du XVIII[e] siècle, il n'avait fait, pour ainsi dire, aucun progrès d'un siècle sur l'autre, bien que la lumière artificielle semble contemporaine des premiers temps de l'humanité.

Dès l'origine du monde, les hommes ont dû chercher à prolonger leurs travaux au delà du temps qui leur était accordé par la lumière du soleil et, à n'en guère douter, le feu de bois a été la première lumière utilisée pour dissiper les ténèbres; du feu de bois, on est passé à la

torche de bois résineux ou enduit de résine, ensuite à la lampe romaine constituée par un vase percé d'un trou donnant passage à une mèche plongée dans l'huile, et enfin à la chandelle de cire, qui était l'éclairage de luxe des Romains; plus tard, vint la chandelle proprement dite, chandelle de suif, de l'usage le plus répandu pendant des siècles. Chandelle de suif pour les pauvres, chandelle de cire pour les riches, tel a été tout le matériel d'éclairage de nos ancêtres; la consommation en avait augmenté, mais le système était resté le même.

Ce n'est guère que dans la seconde moitié du XVIIIe siècle qu'apparaît le reverbère à huile, et enfin, en 1784, que l'invention et la divulgation de la lampe d'Argand, lampe à huile à double courant d'air, marquent visiblement le point de démarcation entre l'éclairage ancien et l'éclairage moderne.

A partir de cette époque, voici, en quelques lignes, les étapes successives parcourues :

*Période 1800-1820.* — Perfectionnements de la lampe d'Argand, lampes à huile Carcel et Gagneau et, enfin et surtout éclairage au gaz, l'invention de Philippe Lebon, au nom duquel doivent être associés les noms de Murdoch et Winsor.

*Période 1820-1840.* — Ce n'est guère qu'à partir de 1830 que l'éclairage au gaz s'implante en pratique, qu'il métamorphose l'éclairage public des villes, en même temps qu'il vient peu à peu révolutionner l'éclairage de l'intérieur des habitations; à cette même époque, un appoint considérable est apporté à l'éclairage intérieur, par l'invention de la bougie stéarique fabriquée industriellement par de Milly à partir de 1834, et qui vient surtout porter un coup mortel à la chandelle et à la bougie de cire.

*Période 1840-1860.* — Développement des éclairages précités et notamment de l'éclairage au gaz qui, à la fin de cette période (1855) a reçu une nouvelle impulsion par la fusion des diverses Compagnies de gaz éclairant Paris concentrées en une puissante et unique Compagnie.

*Période 1860-1870.* — En dehors du développement de l'éclairage au gaz qui continue, cette période est marquée par l'apparition de la lampe à huile minérale consommant les pétroles découverts aux États-Unis et importés en Europe à partir de 1861. Le bon marché du pétrole, l'absence de tout mécanisme dans la lampe employant un liquide volatil, par suite la simplicité et le coût peu élevé de la lampe à pétrole, permirent son développement rapide et modifièrent profondément l'éclairage privé, surtout dans les classes laborieuses.

*Période 1870-1880.* — Cette période est marquée par l'entrée magistrale en ligne d'une nouvelle source de lumière, l'éclairage électrique, qui va créer une ère nouvelle dans l'art de l'éclairage, élever constamment son niveau et stimuler ardemment les éclairages rivaux ; c'est en 1878 que l'apparition de la bougie Jablochkoff sur l'avenue de l'Opéra donnait à l'éclairage électrique un élan qui ne devait plus s'arrêter, et qui était suivi de près par l'apparition des lampes à incandescence électriques, en 1880.

Enfin, depuis la lumière électrique, nous avons encore à signaler

Digitized by Google

comme invention nouvelle l'acétylène, gaz carburé, connu depuis longtemps, mais dont la production n'a été pratique qu'à partir de 1894, époque à laquelle le carbure de calcium a été fabriqué au four électrique : l'acétylène, en raison de son grand pouvoir éclairant, du caractère essentiellement portatif de ses appareils de production, présente un intérêt réel dans de nombreuses circonstances spéciales.

Cette rapide revue d'ensemble, mes chers Collègues, est suffisante pour que vous vous rendiez compte de tout le chemin parcouru depuis un siècle.

Permettez-moi d'aborder maintenant le sujet que j'avais surtout l'intention de traiter devant vous, en vous entretenant des progrès récents de l'éclairage par le gaz :

C'est, vous ai-je dit tout à l'heure, vers 1830 que l'éclairage au gaz, bien que connu depuis la fin du siècle précédent, entra véritablement et pratiquement en ligne ; des dates précises, notamment pour l'éclairage des voies publiques parisiennes ont pu être relevées, et c'est ainsi qu'on peut savoir que c'est le 1er janvier 1829 que les premiers becs de gaz furent installés sur la voie publique, place du Carrousel, puis rue de la Paix, etc.

En 1835, il n'y avait encore que 203 becs de gaz dans tout Paris.

En 1839, il y en avait 1 162 et 11 654 becs à l'huile.

En 1848, il y en avait 8 600 et 5 880 becs à l'huile.

En 1852, il y en avait 13 733 et quelques centaines de becs à l'huile.

Les becs de gaz constamment employés étaient les becs à fente, dits becs papillons, renfermés dans des lanternes et donnant une flamme plate en éventail. Les types de ces becs ont été définis en 1843, par Fresnel, savoir :

| | Consommation. | Pouvoir éclairant. | Consommation par carcel. |
|---|---|---|---|
| | litres. | carcels. | litres. |
| Becs papillons, 1re série . . . . | 100 | 0,77 | 129 |
| — 2e — . . . . | 140 | 1,10 | 127 |
| — 3e — . . . . | 200 | 1,72 | 116 |

En dehors du bec papillon à fente, on employait le bec bougie ou bec à trou ; enfin le bec à double courant d'air à verre, imité de la lampe d'Argand, plus tard dénommé bec Bengel. Ce dernier, très minutieusement décrit par Dumas et Regnault, dans leur instruction classique, sert aux essais de vérification du gaz à Paris et ailleurs ; le bec type donne la carcel pour 105 litres de consommation horaire de gaz. On pouvait naturellement faire des becs plus puissants, mais rarement on dépassait 200 à 300 l de consommation et, par conséquent, 2 à 3 carcels d'intensité.

Telle était la situation, lorsque apparut, en 1878, la lumière électrique (bougies Jablochkoff) sur l'avenue de l'Opéra. Les gaziers, un peu émus, — pourquoi ne l'avoueraient-ils pas ? — s'évertuèrent alors à prouver qu'ils pouvaient, avec le gaz, faire aussi bien, sinon mieux et avec moindre dépense ; cette émulation féconde fut encouragée par la Ville

Digitized by Google

de Paris qui donna, en 1879, à la Compagnie du gaz, la rue du Quatre-Septembre, voisine de l'avenue de l'Opéra, comme champ d'expérience. L'idée première fut de grouper plusieurs becs papillons dans une même lanterne et c'est ainsi qu'on créa le bec intensif dit « du Quatre-Septembre », qui fit alors sensation ; il se composait de six forts becs papillons à fente de 6/10 de millimètre, consommant chacun 233 l à l'heure, soit au total 1 400 l et disposés sur un cercle de 16 cm de diamètre ; ce bec, sorte de pot à feu très décoratif, donnait une intensité de 13 à 14 carcels environ.

La comparaison entre l'éclairage intensif de la rue du Quatre-Septembre par les nouveaux becs de gaz et l'éclairage de l'avenue de l'Opéra par les foyers Jablochkoff se fit de la manière suivante :

*Gaz.* — Rue du Quatre-Septembre, 0,15 carcel par m² ; dépense horaire 14,56 f.

*Électricité.* — Avenue de l'Opéra, 0,05 carcel par m² ; dépense horaire 19,20 f.

L'avantage restait très largement au gaz, et l'éclairage Jablochkoff disparaissait de l'avenue de l'Opéra en 1882.

Devant le succès du bec intensif du Quatre-Septembre, de 1 400 l, un autre type du même genre de 875 l était créé et, dans un rapport de décembre 1878, présenté par M. Cernesson, au nom de la Commission du Conseil municipal, l'application de ces nouveaux becs était réglée de telle sorte que, par exemple, la quantité de lumière rue du Quatre-Septembre était augmentée dans la proportion de 4,2 à 112, et place du Château-d'Eau dans le rapport de 10,7 à 80.

Un premier bienfait de l'éclairage électrique a donc été d'augmenter considérablement les quantités de lumière distribuées sur la voie publique.

Les becs de gaz intensifs à air libre continuaient à se répandre les années suivantes et c'est ainsi qu'on comptait à Paris :

En 1882, 279 becs de 875 l et 466 de 1 400 l.

En 1888, 379 — 875 l et 1 126 de 1 400 l.

Mais, dans l'intervalle, les becs à récupération, à air chaud, comme on les appelle aussi, faisaient leur apparition et après quelques années de tâtonnements, arrivaient à supplanter peu à peu les becs intensifs à air froid, qui finissaient par disparaître presque totalement.

Le premier bec à air chaud est dû à un Français, Chaussenot, qui fit ressortir l'intérêt qui s'attachait à élever la température de l'air alimentant la combustion du gaz d'un brûleur, au point de vue de l'augmentation de l'intensité lumineuse produite ; dès 1836, il obtenait un prix de la Société d'Encouragement, pour sa lampe réunissant, dit le rapport sur les prix « les moyens les plus efficaces pour augmenter le pouvoir éclairant des flammes produites par la combustion du gaz », mais ce ne devait être que bien plus tard, vers 1879, que Frédéric Siemens, utilisant, pour chauffer l'air, le mode fécond de la récupération, déjà appliqué au chauffage industriel, rendait pratique l'idée de Chaussenot et constituait le bec intensif à récupération, qui eut sa période de succès.

Digitized by Google

J'ai eu l'honneur de présenter les premiers becs Siemens introduits en France, à la Société des Ingénieurs Civils, il y a vingt-six ans, dans la séance du 21 janvier 1881, et d'expliquer les principes sur lesquels ils reposent ; qu'il me suffise de rappeler sommairement que c'est à l'incandescence des particules de carbone rendues libres par la décomposition des carbures d'hydrogène, qu'est dû le pouvoir éclairant du gaz, et que les particules de carbone incandescentes donnent d'autant plus de lumière qu'elles sont portées à une température plus élevée. C'est un phénomène analogue qui se constate sur les lampes à incandescence électrique ; lorsqu'elles sont, comme on dit vulgairement « poussées » elles émettent plus de lumière et une lumière plus blanche, la lumière renfermant des rayons plus réfrangibles.

Pour obtenir donc une température plus élevée de la flamme, F. Siemens a chauffé l'air nécessaire à la combustion, en utilisant ou recupérant pour ce faire, la chaleur perdue des produits mêmes de la combustion ; dans des limites pratiques, c'est-à-dire entre 0 et 400 ou 500 degrés, le rendement s'améliore, d'après les expériences de M. E. Sainte-Claire-Deville, de 20 0/0 environ pour chaque 100 degrés d'élévation de température.

C'est dans ces conditions que furent créés des becs intensifs à récupération des principaux types suivants :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Becs de | 350 l de consommation | horaire, | donnant | 5 à 6 carcels, | soit | 60 l | par carcel. |
| — | 700 | — | — | 13 à 14 | — | 50 à 60 | — |
| — | 900 | — | — | 20 à 22 | — | 40 à 50 | — |
| — | 1600 | — | — | 40 à 45 | — | — | — |

C'était donc, tant au point de vue de l'économie de la consommation que de l'intensité produite un progrès considérable pour l'époque.

Ces brûleurs se sont surtout répandus en Allemagne, mais la forme disgracieuse des récupérateurs, la difficulté de déguiser la cheminée latérale, etc., ne leur permirent pas de se répandre sérieusement en France, malgré les essais faits, en 1882, sur la place du Palais-Royal, et, en 1883, rue Royale ; ce n'est que lorsque les constructeurs se furent appliqués, en plaçant le récupérateur à la partie supérieure, à donner à la flamme la forme d'une tulipe brûlant dans une coupe de verre suspendue au récupérateur, que les becs à récupération se répandirent (1882-1885) sous les noms de becs Cromartie, becs Wenham, pour l'éclairage particulier.

Quant à l'application à l'éclairage public, des becs Siemens, elle restait toujours défectueuse, lorsque, vers 1884, sous le nom de becs Schulke, de nouveaux becs Siemens perfectionnés, avec récupérateur au-dessus de la flamme, furent introduits en France ; le récupérateur était construit en nickel, l'entretien était moins onéreux, des perfectionnements de détail étaient innovés.

Bref, les becs Siemens, puis des becs concurrents (becs industriels, becs parisiens, etc.) arrivaient, vers 1887, à constituer des appareils d'éclairage public relativement économiques et remarquablement intenses.

Les becs Schulke, de 750 litres, installés en 1887 sur la voie publique

Digitized by Google

parisienne, donnaient 17 à 18 carcels, fournissant ainsi la carcel pour 40 à 45 litres; ils remplaçaient, notamment, les becs intensifs à air froid de la rue du Quatre-Septembre, lesquels consommaient, avons-nous dit, 1,400 litres à l'heure, pour ne donner que 13 à 14 carcels.

La marche des becs à récupération a été la suivante, sur la voie publique de Paris :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1889. . . . . . . . . . | 27 | becs | à récupération, |
| 1891. . . . . . . . . . | 1 444 | — | — |
| 1893. . . . . . . . . . | 2 169 | — | — |
| 1898. . . . . . . . . . | 3 570 | — | — |
| 1899. . . . . . . . . . | 212 | — | — |

La décroissance du nombre des becs à récupération à partir de 1898, indique assez que des faits nouveaux avaient dû se produire dans l'intervalle; c'est qu'en effet, les becs à incandescence à gaz, par la découverte géniale d'Auer, étaient venus, à partir de 1892, opérer successivement une véritable révolution dans l'éclairage par le gaz.

Le principe de l'incandescence était connu depuis longtemps; tous les corps solides réfractaires chauffés à une température suffisante deviennent incandescents et tout le problème consiste à réaliser la température nécessaire dans des conditions abordables en pratique.

La première application de l'incandescence fut connue sous le nom de lumière Drummond et date de 1826; elle était obtenue en portant au rouge un bâton de chaux au moyen d'un mélange d'hydrogène et d'oxygène.

Plus tard, en 1849, Frankenstein qui semble être le véritable précurseur de l'incandescence type Auer, portait à l'incandescence un tissu de tulle de gaze préalablement trempé dans une bouillie peu épaisse préparée, dit-il, textuellement, avec parties égales de craie finement broyée, de magnésie calcinée et d'eau avec gomme arabique; il obtenait ainsi et introduisait dans la flamme un cône que nous appellerions aujourd'hui manchon et qu'il appelait, lui, un « multiplicateur de lumière ». Frankenstein précise textuellement ce qui suit : « Le tissu est promptement charbonné, au bout de quelque temps le » charbon brûle et les oxydes terreux restent seuls sous la forme du » tissu primitif; le cône ne tarde pas à devenir rouge-blanc intense. »

J'ai tenu à faire devant vous cette citation textuelle véritablement frappante aujourd'hui et justifiant ainsi que je l'ai dit plus haut le rôle précurseur de Frankenstein peut-être trop oublié.

En 1869, Tessié du Motay et Maréchal reprenaient l'idée de Drummond et faisaient sur la place de l'Hôtel-de-Ville, un essai de lumière dite oxhydrique; ce n'était autre chose, en réalité, que la lumière Drummond dans laquelle l'hydrogène était remplacé par du gaz de houille et le bâton de chaux par un crayon de magnésie comprimée ou de zircone.

Enfin, vers 1882, Clamond introduisait dans la flamme d'un bec à double courant d'air, une mèche ou corbeille formée de magnésie filée, alliée à une certaine proportion de zircone; il ne tardait pas, profitant de l'invention de Siemens, à chauffer préalablement l'air de la combustion, élevant ainsi la température de l'incandescence: l'effet du bec

Digitized by Google

était réellement satisfaisant et le bec Clamond, renversé ou non, eut son heure de succès, mais la corbeille était fragile, sa durée éphémère; il restait encore à trouver le manchon suffisamment solide, quoique ne présentant pas de masse, et devenant incandescent à une température relativement basse; tous les corps essayés jusqu'à Auer présentaient une masse trop grande et n'étaient pas susceptibles d'être portés, dans des conditions usuelles, à la température nécessaire pour obtenir leur incandescence lumineuse.

Quoi qu'il en soit, le problème de l'incandescence n'a été véritablement résolu que par l'invention du Dr Carl Auer von Welsbach, de Vienne, ancien élève du professeur Bunsen à l'Université de Heidelberg, qui vint apporter à l'industrie du gaz une arme de premier ordre dont elle commençait à avoir fort besoin, — reconnaissons-le, — en présence des progrès incessants de sa jeune et brillante rivale, l'électricité.

En 1885, le Dr Auer, reprenant l'idée même de Frankenstein, arrivait, après de nombreuses recherches de laboratoire, à une solution presque parfaite du problème de l'incandescence par le gaz.

En principe, le bec Auer se compose d'un manchon formé d'un treillis d'oxydes métalliques réfractaires infusibles convenablement choisis, disposé au-dessus d'un brûleur Bunsen; une mèche en tissu de coton est trempée dans une solution des oxydes métalliques adoptés, le tissu s'incruste de ces corps à la manière des pétrifications naturelles, puis est brûlé, il reste seulement le squelette de cendres, constitué par les oxydes incombustibles, lequel devient incandescent sous l'action de la combustion du gaz.

A l'origine, le manchon constitué par les oxydes de zirconium et de lanthane, fournissait une lumière d'une teinte verdâtre, livide, qui fut certainement une des causes de la défaveur du nouveau procédé, pendant quelques années; le manchon était, en outre, d'une grande fragilité; enfin, sa durée était faible et son pouvoir éclairant diminuait rapidement avec la durée de l'éclairage. C'est à peu près dans ces conditions que le bec Auer se présenta, en 1889, au Jury de la classe de l'Eclairage de l'Exposition Universelle; ici, permettez-moi un souvenir personnel, je me souviens des discussions qui eurent lieu à son sujet dans le Jury, et de toute la peine que nous avons eue à obtenir pour ce bec que j'avais expérimenté au laboratoire avec M. Sainte-Claire-Deville, une simple médaille d'argent. Voici, textuellement ce que j'écrivais dans le rapport officiel : « La lumière de ce bec est fixe et agréable à
» la vue, la chaleur développée est faible; quand la mèche est neuve,
» la carcel peut être obtenue avec 23 litres de gaz; mais l'effet utile
» diminue avec l'âge de la mèche, fait que nous retrouvons également
» dans les lampes à incandescence électriques et les expériences de
» M. Sainte-Claire-Deville ont établi que l'intensité de 2,92 carcel avec
» la mèche neuve tombait à 1,41 carcel au bout de 250 heures environ.
» Ce bec s'est amélioré et s'améliorera encore vraisemblablement; tel
» qu'il est, le bec Auer est de nature à rendre des services réels... »

C'était, comme vous le voyez, un peu un prix d'encouragement — et la suite a montré qu'il avait été bien placé; deux années après, un

Digitized by Google

grand-prix ne lui aurait guère été marchandé, — mais cette citation dont la date est précise (fin 1889), montre bien que si l'avenir du bec Auer était déjà entrevu en 1889, il était loin cependant de posséder encore les qualités qui allaient lui permettre de transformer l'éclairage par le gaz.

Ce n'est qu'en 1892, après de nombreuses recherches, que le Dr Auer modifiant la composition primitive, composait son manchon d'oxyde de thorium et d'une faible quantité d'oxyde de cérium (environ 99 0/0 thorium et 1 0/0 cerium), ce fut « le mélange Auer »; l'oxyde de cérium employé en petite quantité, avait été reconnu augmenter dans une proportion considérable le pouvoir émissif de l'oxyde de thorium. Cette nouvelle composition et de nombreux perfectionnements de détail obtenus peu à peu, modifièrent du tout au tout la situation; les manchons fournirent, dès 1892, une lumière chaude, brillante, « offrant de la surface », comme on dit professionnellement, dépassant notablement, comme intensité, la lumière des lampes à incandescence électrique ordinaires; aussi, dès 1893, c'était par « centaines de mille », que se comptait le nombre des becs Auer installés en France.

Bien avant Auer, les Ingénieurs gaziers avaient eu l'idée que le gaz pouvait être mieux utilisé en l'employant à porter à l'incandescence un corps réfractaire déterminé, qu'en se servant de son seul pouvoir lumineux obtenu directement par la combustion, et l'on raisonnait ainsi :

Les particules de carbone libre dont l'irradiation ou l'incandescence produit la lumière, sont contenues dans une faible partie du volume du gaz puisqu'elles ne proviennent que de la décomposition des hydrocarbures de la série aromatique et éthylénique qui, d'après M. Em. Sainte-Claire-Deville, n'entrent que pour 4 à 6 0/0 dans le volume total du gaz; les autres parties de ce volume total n'apportent aucun contingent au pouvoir lumineux, quoique possédant une valeur calorifique importante; elles restent donc inutilisées dans les brûleurs non basés sur l'incandescence, et c'est cette énergie perdue que ces derniers sont venus utiliser.

Quelque valeur qu'ait cette explication, elle a été jugée insuffisante, et il a fallu reconnaître qu'en dehors de la chaleur de combustion du gaz, il était nécessaire, pour expliquer le pouvoir éclairant du manchon Auer, qu'il se produisit, en outre, une autre action augmentant l'intensité des radiations lumineuses émises.

Plusieurs théories ont été invoquées : celle du Dr Bunte attribue le grand pouvoir émissif du manchon à la haute température que prennent les oxydes de terres rares dans la flamme, grâce aux propriétés catalytiques de l'oxyde de cérium; la combustion du gaz amène d'abord, dans le manchon, une élévation de température et, par suite, un rayonnement de lumière de la masse du manchon; puis, en présence de la flamme du gaz, le cérium, par son action catalytique exalte la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène et développe une température très élevée, par laquelle il est porté à une très vive incandescence.

M. Émile Sainte-Claire-Deville, à qui l'on doit tant de travaux scientifiques concernant la chimie du gaz, attribue bien aussi l'intensité de la lumière produite dans le manchon Auer — composé, comme il est dit

Digitized by Google

plus haut, d'environ 99 0/0 de thorium et 1 0/0 de cérium — à la présence du cérium, corps dont le spectre est beaucoup plus riche en radiations lumineuses que celui de la thorine (oxyde de thorium) à la même température; mais il explique — adoptant en cela, à la suite d'expériences personnelles très concluantes, la théorie émise par le professeur Féry, en 1902 — qu'il faut, pour que l'énorme rayonnement calorifique de la cérite, qui se comporte comme un corps noir, se transforme en rayonnement lumineux, qu'il faut qu'on puisse maintenir la cérite à haute température; or c'est précisément cette condition qui est réalisée dans le manchon de la composition Auer, par le mélange des deux oxydes de thorium et de cérium : l'oxyde de thorium, qui forme la masse principale du manchon et rayonne très peu de chaleur, l'emmagasine pour la céder par contact ou convection à la cérite, qui se trouve dès lors maintenue à la température à laquelle son rayonnement intense se manifeste sous forme lumineuse; autrement dit, le rôle de la thorine est de servir de support au corps radiant, ou, selon l'expression de M. Sainte-Claire-Deville, de « tenir chaud » à la cérite.

En résumé, la condition primordiale, pour un manchon à incandescence, est d'être constitué dans les proportions voulues, par deux sortes de corps : un corps radiant de grand pouvoir émissif, et un corps chaud, de très faible pouvoir émissif, qui sert de véhicule au précédent.

Le manchon une fois créé, il a fallu constituer le brûleur *ad hoc*, c'est-à-dire le bec Bunsen spécial destiné à fournir uniquement la chaleur au manchon et à porter sa température au plus haut degré d'incandescence possible; la construction de ce brûleur a exercé — exerce encore — l'ingéniosité des inventeurs et constructeurs; les perfectionnements de détail permettant d'améliorer les conditions de l'entrainement de l'air (et, partant, celles de la combustion du mélange d'air et de gaz) jouent, en effet, un rôle fort important, tant pour la bonne marche du bec que pour son rendement, c'est-à-dire l'économie de sa consommation.

En principe, le dispositif du brûleur doit être tel que la veine gazeuse sortant par l'orifice d'admission produise un appel d'air, à l'instar d'une sorte de Giffard.

Le mélange intime du gaz et de l'air doit être aussi recherché; M. Denayrouze avait même été, dans cette voie (1895), jusqu'à opérer mécaniquement le brassage du mélange au moyen d'un petit ventilateur électrique, mais il y renonça bientôt pour employer d'autres moyens plus pratiques.

Bandsept (1896), dans la même voie, chercha à perfectionner le brûleur au moyen de chicanes qui produisaient le brassage des deux fluides, mais la force vive du mélange gazeux était réduite au détriment du rendement; il renonça alors aux chicanes pour adopter les ajustages tronconiques superposés produisant le mélange progressif du gaz et de l'air comburant; enfin, dans un dernier type, il intercala au-dessus de l'injecteur et à l'intérieur du premier de deux troncs de cône superposés, une pièce formant injecteur Giffard séparant les deux étages d'ouvertures par lesquelles s'introduit l'air comburant.

Par d'autres dispositifs, le bec Kern réalise des progrès analogues : il comporte de même un injecteur par lequel le gaz aspire l'air et le

Digitized by Google

mélange se rend d'abord dans un panier perforé, puis dans une chambre placée au-dessous du bec, dans laquelle il s'échauffe notablement.

Plus récemment, le bec Busquet, construit par la Société Auer sous une marque spéciale, réalise des perfectionnements du même genre par deux injecteurs superposés, dont la position relative varie au moyen d'une rainure hélicoïdale; on obtient ainsi, par le jeu combiné des deux injecteurs, un réglage permettant de modifier et bien ajuster le volume de la flamme au manchon utilisé.

Dans tous les becs perfectionnés on cherche, en résumé, à réaliser les meilleures conditions pratiques pour élever autant que possible la température de la flamme.

Les manchons, comme les brûleurs, subissaient aussi des perfectionnements de détails, devenaient moins fragiles, etc., grâce aux soins apportés dans la fabrication, à la pureté des oxydes, etc.; mais le tissu du manchon était resté le même; ce n'est que vers 1904 que l'on commença à substituer aux manchons à base de coton des manchons à base de soie artificielle obtenue par le procédé Chardonnet, et connus sous le nom de manchons Plaissetty; ces manchons ont plus de cohésion, d'élasticité, d'homogénéité, et cela sans augmentation de la masse, point essentiel. Dans ces manchons, le pouvoir éclairant est un peu plus élevé et il se maintient surtout beaucoup plus stable que dans les manchons en tissu tricoté.

Les becs à incandescence à gaz ont été beaucoup plus longs à se répandre sur les voies publiques que dans l'intérieur des habitations et le fait s'explique bien par la fragilité des manchons au début de l'incandescence (1892), qui les faisait mal résister aux trépidations du sol, produites par le passage des voitures, par les difficultés relatives à l'allumage, par le prix enfin des manchons eux-mêmes, qui valaient alors environ 3 f; on comprend que l'entretien, dans de pareilles conditions, était fort onéreux. Il était cependant bien tentant, par la substitution d'un bec Auer de 115 litres (et même moins) à un papillon de 140 litres, de quadrupler au moins le pouvoir éclairant, tout en réalisant une économie de 25 litres à l'heure, soit près de 100 mètres cubes par an et par lanterne; aussi s'ingénia-t on de toutes parts dans ce sens, et peu à peu toutes les difficultés furent vaincues.

En 1894, on éclairait les Champs-Élysées, la place de la Concorde, qui fit sensation, la place du Parvis Notre-Dame, la place du Trocadéro, etc., avec un millier de lanternes; chaque année la progression s'élevait :

| | | |
|---|---|---|
| En 1898 . . . . . . . . . . . . . . | 2 092 | becs. |
| En 1900 . . . . . . . . . . . . . . | 19 256 | — |
| En 1901 . . . . . . . . . . . . . . | 41 303 | — |
| En 1902 . . . . . . . . . . . . . . | 48 962 | — |
| En 1905 . . . . . . . . . . . . . . | 50 437 | — |

sur 52 313 au total (indépendamment des 3 728 becs de voies privées entretenues par la ville).

La transformation a donc été à peu près complète vers 1902.

Digitized by Google

Les becs, au début de 115 l, rarement de 150 l, sont maintenant de débits très variables ; on trouvait par exemple, en 1905 :

| | | |
|---|---|---|
| 1 906 | becs au-dessous de 100 l, | |
| 41 167 | — | de 100 l (plus des 4/5), |
| 124 | — | de 120 l, |
| 4 897 | — | de 150 l, |
| 2 032 | — | de 150 à 300 l, |
| 311 | — | de 300 à 750 l. |

Prochainement, on doit installer à Paris des becs de 80 l seulement de divers systèmes (Lacarrière, Denayrouze, Kern).

Nous souhaitons que, par contre, on multiplie dans les carrefours, places, etc..., les becs intensifs à incandescence qui se répandent avec succès aux portes des magasins, terrasses des cafés, etc..., ainsi que dans les usines et ateliers ; on peut obtenir, en effet, avec des consommations de 450 à 700 l, des becs intensifs rivalisant avec l'arc voltaïque, c'est-à-dire donnant des intensités de 40 et 60 carcels.

La province a suivi, bien entendu, le mouvement, et la généralisation, sur la voie publique, des becs à incandescence à gaz s'est faite un peu partout.

Tel est le résumé, bien abrégé, de la marche de l'incandescence à gaz depuis sa découverte ; quant aux résultats des progrès de l'incandescence, que nous avons énumérés, ils se traduisent, depuis 1892, par une économie de 50 0/0 environ dans la consommation. Les becs n° 1, de 75 l, n° 2, de 115 à 120 l, qui étaient alors les seuls répandus, consommaient 20 à 25 l par carcel ; les becs perfectionnés, comme ceux dont nous avons parlé, donnent maintenant la carcel, pratiquement pour 10 à 12 l et même 8 à 10 l au laboratoire ; on possède, en outre, maintenant, toute la gamme des becs d'intensités diverses depuis 30 l jusqu'à 700 l et plus.

Il est intéressant de chercher à comparer l'incandescence à gaz et l'incandescence électrique, au point de vue de la dépense ; en adoptant, par exemple, les prix de base respectifs de 0,20 f pour le mètre cube de gaz et 0,08 f pour l'hectowatt électrique, ces deux prix de base étant des prix moyens qui pourront baisser tous deux parallèlement, sans beaucoup troubler les comparaisons, on a :

Pour la carcel-heure gaz : $\frac{10 \text{ l} \times 0.20}{1000} = 0{,}002$ f

Et pour la carcel-heure électrique : (à 3 watts par bougie ou 30 watts par carcel) . . . . $\frac{30 \times 0{,}08}{100} = 0{,}024$ f

La dépense avec le gaz serait donc 12 fois moindre. Avec un bec à incandescence moins perfectionné, donnant la carcel pour 12 à 13 l au lieu de 10 l, la dépense est encore environ 10 fois moindre.

Digitized by Google

Ces chiffres, très probants au point de vue de l'économie argent, et qui expliquent si bien, passez-moi l'expression, la *democratisation* de plus en plus accentuée du gaz, démontrent, par contre, que l'économie n'est pas tout dans la question lumière : le luxe, l'aspect décoratif, la facile division de la lumière, la commodité d'allumage, se payent comme toutes choses, et il y a lieu de reconnaitre la supériorité de l'éclairage électrique sur ces points intéressants ; mais les progrès s'enchainent et s'entrainent, le gaz a cherché à suivre aussi l'électricité sur le terrain décoratif, si l'on peut s'exprimer ainsi : c'est le fait du bec renversé qui, créé depuis quelques années seulement, sous des noms divers (Farkas, Liais, Rieder, etc...) jouit maintenant d'une grande vogue, précisément à cause des applications décoratives spéciales dont il est susceptible.

Dans ces becs, la flamme sort du brûleur verticalement de haut en bas, et porte à l'incandescence un manchon ayant la forme d'une calotte sphérique dont la convexité est tournée vers le sol; le brûleur se trouvant au-dessus de la surface incandescente, ne porte plus ombre sur les objets situés au-dessous de lui ; le rayonnement de haut en bas est rationnel; c'est, en somme, un résultat analogue à celui obtenu autrefois par certains becs à récupération dits becs Wenham et aussi par les becs à incandescence électrique.

On peut, avec les becs renversés, obtenir facilement des appareillages élégants avec tulipes verreries dépolies, etc..., telles que lustres, plafonniers, etc..., avantages auxquels il faut ajouter l'attraction, non douteuse, disons-le, de simuler la lumière électrique si justement à la mode. C'est ce genre de becs qu'a notamment adoptés la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, pour l'éclairage de ses wagons avec du gaz de houille ordinaire comprimé à 15 kg, dans les réservoirs ; un détendeur ramène la pression du gaz aux brûleurs à 180 mm, et l'on obtient, avec 40 litres seulement de consommation à l'heure, plus de 32 bougies inondant réellement le wagon de lumière.

Quoi qu'il en soit, il est juste de dire que depuis le développement de l'incandescence, et surtout avec le concours des becs renversés, le gaz se défend même sur le terrain décoratif, et qu'il a pénétré dans les habitations bourgeoises moyennes, dans les salles à manger, voire même dans les salons, d'où il semblait à tout jamais banni avec l'ancien bec papillon, relégué qu'il était alors dans les cuisines ou antichambres.

Voulez-vous me permettre maintenant, mes chers Collègues, faisant retour vers le passé, de jeter un coup d'œil rétrospectif sur les progrès techniques de l'éclairage au gaz, pendant la période même qui a vu naitre et se développer l'éclairage électrique, c'est-à-dire depuis environ 25 ans ; ils se résument surtout dans le tableau suivant donnant, pour les types successifs de becs, les consommations en litres à l'heure, les intensités lumineuses produites en carcels, enfin les consommations par carcel et par heure.

Digitized by Google

| | | Consommations en litres à l'heure | Intensités lumineuses en carcels | Consommations par carcel et par heure |
|---|---|---|---|---|
| | | — | — | — |
| Avant 1878 Becs Papillons | 1re Série | 100 | 0,77 | 129 |
| | 2e — | 140 | 1,10 | 127 |
| | 3e — | 200 | 1,72 | 116 |
| Becs ronds type Bengel | | 105 | 1,— | 105 |
| Becs intensifs sans récupération (type du 4-Septembre, etc.). | | 1 400 | 14,— | 100 |
| Becs à récupération . . . . . | | 350 | 4 à 5 | 70 |
| | | 750 | 13 à 15 | 50 |
| | | 1 000 | 20 à 22 | 40 à 45 |
| Becs à incandescence | ordinaires . . | 100 | 5 à 6 | 16 à 20 |
| | perfectionnés . | variables | — | 10 à 12 |
| | intensifs. . . | 300 à 700 | 30 à 70 | 9 à 10 |

Ainsi donc, alors qu'on ne possédait en 1878 que des becs donnant la carcel pour 125 à 130 l et ne pouvant atteindre que des intensités de quelques carcels, nous arrivons; dans la période actuelle, à des becs donnant la carcel pour 10 à 12 l, c'est-à-dire 10 fois moins. L'effet utile a donc décuplé en même temps qu'on peut obtenir facilement des foyers de grandes intensités.

Peut-on dire dès lors, de cette industrie, qu'elle n'a pas marché avec le progrès ? Elles ne sont pas fréquentes les industries qui ont vu se réaliser en quelques années de pareilles augmentations d'effet utile, et c'est une constatation que j'ai tenu à faire devant vous, chiffres en mains.

En résumé, la réduction de la consommation des becs perfectionnés a été l'une des formes les plus profitables au consommateur, de la réduction du prix du gaz, cette très fameuse question dont on parle toujours mais qu'on résout si peu, à Paris tout au moins, et l'on voudra bien remarquer que la réduction de 40 ou 50 0/0 sur le prix du mètre cube, qui répondait à une prétention maximum du consommateur, est peu de chose à côté de la réduction de 90 0/0 de la consommation qui lui a été procurée par les seuls progrès techniques de l'éclairage.

Après avoir rapidement passé en revue devant vous les étapes successives et les principaux progrès de l'éclairage par le gaz, j'arrive maintenant à l'état actuel de l'industrie du gaz en France et à l'étranger :

La très grande place qu'a si justement prise la lumière électrique dans l'ensemble de l'éclairage moderne, a-t-elle enrayé la marche progressive de l'industrie du gaz ? Ne peut-on pas supposer que cette dernière devra bientôt céder la place à sa brillante rivale ? Telle est la question que se sont posée et que se posent encore bien des esprits indépendants, question à laquelle réponse ne peut guère être faite que par l'énonciation de chiffres soigneusement recueillis : passez-moi donc, mes chers Collègues, un peu de statistique :

A l'Exposition de 1889, dans le rapport officiel du Jury de l'éclairage, j'indiquais une consommation de 620 millions de mètres cubes

Digitized by Google

pour la France entière, avec 1 028 communes éclairées au gaz, possédant une population de 12 750 000 habitants.

C'est bien surtout depuis cette époque, c'est-à-dire depuis environ quinze ans, que s'est réellement développé l'éclairage électrique : je vous rappelle notamment que c'est en 1889 (en avril 1889) qu'ont été données les premières concessions des Compagnies électriques ou Secteurs de Paris, et que ce n'est qu'après 1889, sauf quelques exceptions, que la province a peu à peu suivi le mouvement donné par la capitale : ce développement s'accuse, par exemple, pour Paris, par les chiffres suivants :

| | Abonnés. | Lampes à arc. | Lampes à incandescence. | KWH consommés. |
|---|---|---|---|---|
| 1889 | 216 | 469 | 19 380 | 480 986 |
| 1899 | 19 815 | 12 572 | 840 959 | 17 903 668 |
| 1905 | 41 708 | 16 964 | 1 551 660 | 34 368 312 |

Eh bien, c'est précisément dans cette même période que le développement de la consommation du gaz s'est accusé aussi de la façon la plus intense, se produisant ainsi parallèlement à celui de l'éclairage électrique, et c'est ainsi que remplaçant les statistiques officielles gazières qui manquent en France, par des évaluations et des renseignements personnels, nous arrivons à constater actuellement, pour la France entière, une consommation totale d'environ 900 000 000 de mètres cubes, supérieure de près de 50 0/0 à la consommation de 1889, et s'appliquant à une population éclairée d'environ 13 millions 1/2 d'habitants sur 39 millions.

Si nous faisons maintenant porter nos comparaisons sur Paris, au lieu de les faire porter sur la France entière, nous verrons, dans la dernière décade, la consommation passer de 270 millions (1897) à 350 millions en 1906, soit augmenter de 30 0/0, malgré la progression précitée de l'éclairage électrique. Rapportée à la consommation par habitant, qui est la caractéristique la plus intéressante, parce qu'elle tient compte de la variation de la population, la consommation par habitant passe ainsi de 105 m³ en 1897 à 130 m³ en 1906.

Les grandes villes françaises que je pourrais nommer ont subi des développements analogues : je citerai notamment Lyon, à cause du développement électrique considérable qui s'y est produit, motivé surtout par l'utilisation des forces motrices du Rhône. Le développement gazier ne s'en est pas moins affirmé avec plus de 40 0/0 d'augmentation pour les dix dernières années connues, et la consommation actuelle est voisine de 80 m³ par habitant.

Passons maintenant à l'étranger :

*L'Angleterre* est le pays du monde le plus grand consommateur de gaz, relativement à sa population ; la production est sensiblement quintuple de celle de la France, soit de plus de 4 milliards de mètres cubes.

La capitale, Londres, consommait, en 1890, 748 000 000 m³ et, en 1905, 1 022 000 000 m³. C'est une augmentation de 274 000 000 m³ ou 36 0/0.

Digitized by Google

Le dernier chiffre correspond à environ 180 m³ par habitant, chiffre très supérieur à celui de Paris ; des villes industrielles, telles que Manchester, Birmingham, atteignent même près de 250 m³ par habitant.

Ces chiffres démontrent suffisamment, bien qu'il faille tenir grand compte des différences de climat, de caractère industriel des villes considérées, des habitudes locales, du prix du gaz, etc., combien on est loin, en France, de la *limite de saturation*, passez-moi ce mot barbare, du consommateur.

*Allemagne*. — L'usage du gaz est aussi fort développé en Allemagne, et voici, pour trois grandes villes très dotées d'électricité et citées à titre d'exemple, la marche des consommations pour la dernière décade considérée spécialement :

Berlin : en 1894, 111 000 000 m³.
— en 1904, 212 000 000 m³.

Soit 101 000 000 m³ d'augmentation ou 90 0/0.

Hambourg : en 1894, 41 000 000 m³.
— en 1904, 67 000 000 m³.

Soit 26 000 000 m³ d'augmentation ou 63 0/0.

Cologne : en 1894, 24 000 000 m³.
— en 1904, 40 000 000 m³.

Soit 16 000 000 m³ d'augmentation ou 66 0/0.

Ces chiffres correspondent à des consommations de 90 m³ à 110 m³ par habitant.

*Belgique*. — Les chiffres statistiques très complets sont connus pour Bruxelles ou, plus exactement, pour l'agglomération bruxelloise proprement dite, laquelle est, il est vrai, particulièrement dense.

Consommation en 1895, 30 000 000 m³.
— en 1905, 43 000 000 m³.

Soit une augmentation de 13 000 000 m³ ou 43 0/0.

Le dernier chiffre correspond à une consommation de 224 m³ par habitant.

*Hollande*. — De même que pour l'Allemagne, je prends à titre d'exemple les chiffres des trois grandes villes, que j'ai pu me procurer pour les cinq dernières années.

Amsterdam : en 1899, 34 600 000 m³.
— en 1904, 62 200 000 m³.

Soit une augmentation de 27 600 000 m³ ou 79 0/0.

Rotterdam : en 1899, 24 700 000 m³.
— en 1904, 35 300 000 m³.

Soit une augmentation de 10 600 000 m³ ou 42 0/0.

La Haye : en 1899, 20 200 000 m³.
— en 1904, 32 400 000 m³.

Soit une augmentation de 12 200 000 m³ ou 60 0/0.



Digitized by Google

Ces chiffres correspondent à 100 à 130 m³ de consommation par habitant.

*Suède*. — Stockholm : en 1894, 15 300 000 m³.
— en 1904, 29 800 000 m³.

Soit une augmentation de 14 500 000 m³ ou 94 0/0.
Le dernier chiffre correspond à 94 m³ par habitant.

*Danemark*. — Copenhague : en 1894, 27 100 000 m³.
— en 1904, 52 500 000 m³.

Soit une augmentation de 25 400 000 m³ ou 94 0/0.
Le dernier chiffre correspond à 124 m³ par habitant.

*Suisse*. — Zurich : en 1898, 9 780 000 m³.
— en 1905, 20 176 000 m³.

Soit une augmentation de 10 396 000 m³ ou 106 0/0.
Le dernier chiffre correspond à 120 m³ par habitant.

Bâle : en 1894, 6 060 000 m³.
— en 1904, 14 337 000 m³.

Soit une augmentation de 8 227 000 m ou 136 0/0.

Genève : en 1894, 6 900 000 m³.
— en 1905, 8 830 000 m³.

Soit une augmentation de 1 930 000 m³ ou 28 0/0.
Les consommations varient entre 80 m³ et 120 m³ par habitant.

*Italie*. — Milan : en 1895, 24 100 000 m³.
— en 1905, 52 700 000 m³.

Soit une augmentation de 28 600 000 m³ ou 118 0/0.
Consommation de 100 m³ environ par habitant.

Rome : en 1895, 13 900 000 m³.
— en 1905, 19 800 000 m³.

Soit une augmentation de 5 900 000 m³ ou 42 0/0.

Je peux, pour ces deux villes italiennes, citer le développement parallèle de la lumière électrique qui a été considérable, savoir :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pour Milan : | en 1895, | 26 317 | lampes à incandescence | et | 978 | arcs. |
| — | en 1900, | 47 211 | — | — | 1 332 | — |
| — | en 1905, | 235 027 | — | — | 3 212 | — |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pour Rome : | en 1895, | 51 100 | lampes à incandescence. |
| — | en 1905, | 213 884 | — — |

Ces exemples, que je pourrais multiplier, sont suffisants pour démontrer que l'industrie du gaz n'a jamais été plus progressive que pendant la période même du développement de l'éclairage nouveau par l'électricité. Ce résultat peut paraître surprenant et il est intéressant de l'analyser :

Tout d'abord, la venue de l'éclairage électrique a eu, comme premier résultat, d'élever le niveau général de la lumière artificielle ; la lumière appelle la lumière ; la tendance fatale a été, dès lors, d'en demander

Digitized by Google

davantage aux autres moyens d'éclairage connus dont on disposait, notamment au gaz, qui était au possessoire, comme on dit, avec ses installations prêtes et ses nouveaux moyens d'action que nous avons passés en revue, dus surtout à l'invention des becs à incandescence qui procuraient à la fois intensité lumineuse et économie.

Disons aussi que fréquemment l'éclairage électrique s'ajoute partiellement plutôt qu'il ne se substitue totalement au gaz : les Compagnies gazières l'ont si bien compris qu'abandonnant les préjugés et les luttes de la première heure, beaucoup d'entre elles se sont résolument lancées dans la voie nouvelle qui leur était offerte, de l'éclairage électrique, et n'ont pas hésité à saisir l'occasion de traités nouveaux pour se transformer en Compagnies d'éclairage général, offrant à la fois à leur clientèle, dans des conditions particulières de simplicité, le choix entre le gaz et l'électricité.

C'est le cas de beaucoup de grandes villes de France et je peux citer en tête les trois plus grandes : Marseille, Lyon et Bordeaux.

Je n'aurai garde enfin d'oublier l'intervention de plus en plus répandue du gaz aux usages de chauffage domestique, cuisine, etc., qui en fait l'auxiliaire indispensable du confort moderne, et s'adapte si bien aux modestes ménages, lesquels, ne l'oublions pas, sont le nombre.

Cette application, bien que connue depuis l'origine, n'a été réellement mise en large pratique que depuis un petit nombre d'années, depuis surtout que des prix réduits se sont généralisés en France.

L'avantage du combustible gazeux canalisé sous la voie publique et arrivant à l'étage en toute quantité demandée, au lieu et place du charbon qu'il faut camionner, approvisionner, monter, etc., n'est plus à démontrer. Un jour viendra où le charbonnier montant le charbon à l'étage, suivra le sort du porteur d'eau que nous avons vu dans notre enfance portant les deux seaux traditionnels sur ses robustes épaules. La civilisation implique, ne l'oublions pas, la canalisation, aussi bien en matière d'eau que de chaleur, de lumière, etc...

Il y a donc à considérer, pour avoir des idées justes sur la matière, dans la période que nous avons surtout examinée, deux progressions distinctes : la progression dans l'éclairage et la progression dans le chauffage.

La connaissance des chiffres spéciaux à chacun des deux usages est le plus souvent difficile à déterminer, en France ; on les apprécie plutôt qu'on ne les mesure par les quantités émises pendant le jour et celles émises pendant la nuit ; ce n'est là qu'une indication, une simple probabilité, parfois même erronée ; des constatations un peu précises ne peuvent être faites que dans les villes, rares en France, mais fréquentes à l'étranger (Allemagne, Suisse, etc..) où des prix différents étant consentis pour les usages d'éclairage et pour ceux de chauffage, deux compteurs distincts enregistrent séparément les consommations respectives.

Je vous fais grâce, mes chers Collègues, des statistiques un peu encombrantes que j'ai recueillies à ce sujet ; mais pour les résumer, je vous présenterai simplement, à titre d'exemple, la marche séparée de la consommation du gaz dans deux grandes villes de l'étranger prises

Digitized by Google

comme types modernes, de villes, — j'insiste sur ce point — dans lesquelles l'éclairage électrique est extrêmement développé.

| | I | | II | |
|---|---|---|---|---|
| | Éclairage. | Chauffage. | Éclairage. | Chauffage. |
| | — | — | — | — |
| 1896 | 11 764 000 | 13 813 000 | 4 945 000 | 1 727 000 |
| 1897 | 11 840 000 | 15 488 000 | 5 353 000 | 2 402 000 |
| 1898 | 12 262 000 | 17 483 000 | 6 012 000 | 3 048 000 |
| 1899 | 12 364 000 | 19 195 000 | 6 729 000 | 3 844 000 |
| 1900 | 12 993 000 | 21 932 000 | 7 220 000 | 4 619 000 |
| 1901 | 12 775 000 | 24 227 000 | 7 108 000 | 6 264 000 |
| 1902 | 13 827 000 | 28 226 000 | 6 684 000 | 7 724 000 |
| 1903 | 14 278 000 | 30 706 000 | 7 044 000 | 9 152 000 |
| 1904 | 13 960 000 | 31 650 000 | 7 940 000 | 10 416 000 |
| 1905 | 13 884 000 | 33 474 000 | 7 884 000 | 11 597 000 |

Comme vous le voyez par ces exemples, et je pourrais en citer beaucoup d'autres, les accroissements considérables constatés dans ces dernières années sont dus, surtout dans les grandes villes, aux applications de chauffage, encouragées par d'importantes réductions sur les prix de vente, et ce large champ d'action est loin d'être épuisé. Sur le terrain de la lumière, la progression est restée plus modeste et marque bien qu'il y a là un terrain de lutte sur lequel il y a rencontre de deux éclairages rivaux qui ont à compter avec leurs qualités respectives, comme avec les progrès accomplis et à accomplir :

Du côté du gaz, nous pouvons escompter encore l'effet de nouvelles améliorations des becs à incandescenco, l'effet de nouvelles réductions des prix, tant sur le mètre cube que sur les frais accessoires, — surtout si les Villes n'émettent pas des prétentions de redevance exagérée comme à Paris, où elle dépasse sept centimes par mètre cube, — de telle sorte en un mot, qu'avec une conduite unique soient apportés dans le plus modeste ménage, à la fois les bienfaits de la lumière et de la chaleur, dans des conditions d'indiscutable économie.

Du côté de l'électricité, nous pouvons aussi escompter l'abaissement des prix de l'hectowatt, qui se généralise partout, et qui, pour Paris notamment, n'est plus qu'une question d'heures, et aussi les progrès des lampes à incandescence, qui nous étaient exposés récemment, avec une mesure si parfaite, par notre Collègue M. Larnaude.

C'est en suivant soigneusement ces progrès et ces mesures, que pourront être faites, pour l'avenir, des prévisions rationnelles, beaucoup plutôt qu'en se basant sur les faits du passé pour construire des barèmes qui n'ont jamais eu rien de bien mathématique.

Nous qui sommes ici en Ingénieurs libres, assoiffés avant tout de progrès, nous avons à nous réjouir de ces luttes, de cette marche constante vers ce qui est « mieux ». Il y a place pour tout le monde sur le vaste terrain de l'éclairage ; le champ de la lumière est, nous l'avons dit en commençant, indéfini : gaz, pétrole, acétylène, lumière électrique, etc..

Digitized by Google

il n'y aura jamais assez de sources de lumière pour suffire aux exigences toujours croissantes de l'homme moderne, qui veut pouvoir à son gré supprimer la nuit. comme par le télégraphe et le téléphone, il a déjà réussi à supprimer la distance.

Ce sera l'honneur de beaucoup d'entre vous, mes chers Collègues, d'avoir participé, dans des sphères d'action diverses, à l'évolution caractéristique accomplie dans le siècle dernier, qui lui a si justement fait donner le nom de « Siècle de la Lumière ». (*Longs et vifs applaudissements.*)

## II

PRÉSIDENCE DE M. E. CORNUAULT, PRÉSIDENT.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de MM. :

J.-A. Normand, Membre de la Société depuis 1879, Officier de la Légion d'honneur, constructeur bien connu de navires et de machines, correspondant de l'Académie des sciences, lauréat du Prix Annuel de la Société en 1891 et du Prix Schneider 1902 (Constructions navales). M.-A. Normand a été membre de la deuxième section du Comité en 1904. M. Coville, notre correspondant au Havre a pris la parole au nom de la Société aux obsèques de notre regretté Collègue et une notice nécrologique paraîtra dans l'un des prochains Bulletins ;

P. Verrier, ancien élève de l'École d'Arts et Métiers de Châlons (1875), Membre de la Société depuis 1886. Ingénieur civil, professeur à l'École professionnelle et à l'École des Arts industriels de Reims ;

P.-E. Gigot, ancien élève breveté de l'École des Mines de Paris (1860), Membre de la Société depuis 1868, ancien Ingénieur-chef du service des usines de la Compagnie Parisienne du gaz.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de sympathie de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officier de la Légion d'honneur : M. de Biedermann ;

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. F. Mahoudeau, A.-E. Darnay ;

Officier de l'Instruction publique : M. L. Guillet ;

Grand croix du Mérite naval d'Espagne : M. G. Canet ;

L'Académie des Sciences a décerné le Prix Bolion à M. G. Paraf, et e Prix Montyon (mécanique) à M. G. Marié ;

M. L. Salomon, ancien Président, a été nommé Membre du Comité e l'Exploitation technique des chemins de fer, et MM. Ch. Prevet, Jules tueff, Lahaye et Gruner ont été nommés Membres du Comité consul-·tif des chemins de fer.

M. le Président adresse à ces collègues les félicitations de la Société.

Digitized by Google

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître que M. Paul Schwoerer a déposé, en date du 31 décembre, à la Société un pli cacheté daté du 29 décembre 1906. Conformément aux usages, ce pli a été enregistré et déposé aux archives.

M. le Président est heureux de faire connaître que M. Darcy a fait don à la Société, pour le fonds de secours, d'une somme de 92 f.

M. le Président adresse à ce Collègue les remerciements de la Société.

M. le Président rappelle qu'il y a lieu de procéder dans cette séance au vote sur l'admission de MM. Maurice Lévy et N. Mascart, qui ont été présentés comme Membres d'honneur à la séance du 16 novembre 1906.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. P. Blaché, P. Brandt, F. Desgranges, C. Gleyre, H. Pataud, R. Pornin, G. De Saulles, M. Latour, comme Membres sociétaires titulaires, et de

MM. J. Guillemin, L. Heilmann et J. Le Chatelier, comme Membres sociétaires assistants.

MM. M. Lévy et N. Mascart sont admis comme Membres d'honneur et MM. Ch. Bouillon, H. Dieppedalle, G. Duché, L. Goguel, Ch. Prache comme Membres sociétaires titulaires.

**La séance est levée à 10 heures.**

*L'un des Secrétaires techniques,*

F. Taupiat de Saint-Simeux.

Digitized by Google

# PROCÈS-VERBAL

DE LA

## SÉANCE DU 18 JANVIER 1907

PRÉSIDENCE DE M. E. CORNUAULT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Commandeur de la Légion d'honneur, notre Ancien Président, M. G. Canet;

Officiers de l'Instruction publique : MM. A.-H. Lorphelin et J.-A. Simonet;

Officiers d'Académie : MM. Ch. Le Camus, J.-E. Michaut, L.-Ch.-D. Perault, H. Sire de Vilar.

M. E. Gruner a été nommé Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et M. E. Bertin, Vice-Président de cette même Société.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de faire connaître que l'un de nos doyens d'âge, M. J. Gaudry, vient de remettre, pour la troisième fois, une somme de 1 000 f pour le fonds de secours.

M. le Président adresse à ce vénérable Collègue les vifs remerciements de la Société pour le don généreux qu'il vient de faire, nous donnant ainsi une nouvelle marque de sa sympathie.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que M. H. Theurkauff a remis, à la date du 16 janvier courant, un pli cacheté qui a été déposé, suivant les traditions, aux archives.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que, conformément à l'article 22 des Statuts et à l'article 9 du Règlement, le Comité a procédé au remplacement de ceux de ses Membres qui ont été nommés aux dernières élections à de nouvelles fonctions.

En conséquence, ont été nommés :

*4e Section* : Président pour deux ans, M. J. Bergeron;
Membre pour deux ans, M. Louis Mercier.

*5e Section :* Membre pour deux ans, M. Léopold Appert.

*6e Section :* Membre pour deux ans, M. R. Arnoux.

MM. G. Bousquet, Fr. Clerc et P. Schuhler ont été de nouveau confirmés dans leurs fonctions de Secrétaires techniques.

Digitized by Google

M. C. Birault a la parole pour sa communication sur la *Ventilation des Tunnels de chemins de fer et des métropolitains souterrains* (2me partie, Métropolitains).

M. C. Birault dit que les conditions d'exploitation des métropolitains souterrains sont inverses de celles des tunnels des chemins des fer; ils sont généralement parcourus par des convois se suivant à intervalles rapprochés et de nombreuses personnes se trouvent constamment dans les tunnels.

M. Birault recherche tout d'abord quelles sont les causes de la viciation de l'atmosphère et de l'élévation de la température.

La traction électrique est ordinairement employée dans les lignes à trafic intensif.

La *viciation* de l'air des tunnels est due au grand nombre de voyageurs transportés journellement, et dont la respiration dégage dans l'atmosphère de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, ainsi que des produits organiques qui sont certainement toxiques, bien que leur nature soit encore mal connue.

La présence constante d'un grand nombre de personnes dans les tunnels est aussi une des causes de l'*élévation de la température*.

Mais nous voyons, d'autre part, que l'énergie dépensée pour la traction doit vaincre les frottements de roulement pendant la marche des convois, l'énergie dépensée pour accélérer la vitesse aux démarrages est absorbée par des frottements de glissement au moment des freinages.

Tous ces frottements dégagent des quantités de chaleur considérables et c'est assurément là le facteur principal de l'élévation de la température.

D'ailleurs la viciation de l'atmosphère et l'élévation de la température varient d'une façon tout à fait différente dans les diverses régions d'une même ligne souterraine. Elles ne sont donc pas produites par les mêmes causes.

Dans les tunnels des métropolitains on observe, d'une manière générale, qu'il y a production de *poussières*. Elles proviennent en partie de l'usure produite par les frottements. Lorsque la voie est ballastée, la présence du ballast en augmente la quantité.

Ces poussières métalliques et siliceuses très ténues peuvent rester en suspension dans l'air, fortement agité au moment du passage des trains, et devenir ainsi l'origine d'affections des organes respiratoires.

En ce qui concerne plus particulièrement l'élévation de la température, nous remarquerons que l'influence de la température du sol est plutôt régulatrice, puisqu'elle est inférieure à celle de l'air extérieur en été et supérieure en hiver, bien qu'elle varie un peu suivant les saisons, pour les lignes peu profondes.

La limite de *viciation* de l'atmosphère des tunnels peut être fixée à 100 l d'acide carbonique pour 100 m³ d'air, d'après les indications des hygiénistes. Cette proportion correspond à une quantité de 70 l d'acide carbonique d'origine respiratoire, l'air normal en contenant environ 30 l.

Il y aurait lieu de fixer une limite supérieure d'*élévation de la tempé-*

Digitized by Google

*rature*, d'après l'état hygrométrique de l'air des tunnels, et de préciser également quelle serait la plus grande différence admissible entre la température à l'intérieur des tunnels et celle de l'air extérieur.

Dans les métropolitains souterrains à trafic intensif, l'expérience montre que l'aération naturelle n'est généralement pas suffisante pour renouveler convenablement l'air des tunnels.

On a compté souvent que les mouvements d'air produits par le passage des convois détermineraient des rentrées d'air pur par les couloirs d'accès des stations ou par des ouvertures spéciales ménagées à cet effet.

Mais les convois ne déplacent pas l'air à la manière de pistons. Dans les souterrains à double voie, l'atmosphère reste à peu près stagnante. L'air chassé par la tête d'un convoi passe immédiatement à l'arrière. et dans la section libre autour du train on observe un courant d'air en sens inverse de la marche du convoi. Il se produit des mouvements d'air tourbillonnaires qui ont été analysés avec soin par MM. Albert Lévy et Pécoul dans les tunnels du métropolitain de Paris. Dans les tunnels à voie unique avec une section transversale strictement suffisante pour le passage des convois, il y a bien un déplacement général de l'air dans le sens de la marche des trains, mais des mouvements tourbillonnaires analogues réduisent la vitesse de ce courant d'air.

M. Birault étudiera tout d'abord les conditions d'aérage et la ventilation des lignes métropolitaines de Londres, et de quelques grandes villes des États-Unis, New-York, Boston, Baltimore, pour terminer par les lignes métropolitaines de Paris.

*Londres*. — M. Birault rappelle les conditions d'aérage très défectueuses de l'*ancien métropolitain à vapeur* de Londres, chemin de fer à double voie normale, en tranchées et en tunnels, dont l'atmosphère était très viciée. On a adopté récemment la traction électrique.

Il existe depuis quelques années à Londres des lignes de tramways électriques souterrains ou *tubes*, situées généralement à une assez grande profondeur, les stations étant alors desservies par des ascenseurs. Ce sont des lignes à deux voies, chaque voie se trouvant dans un souterrain distinct, de section circulaire, avec revêtement en fonte.

La plus ancienne de ces lignes, celle du *City and South London* a été ouverte à l'exploitation en 1890. Elle se trouve parfois à une quarantaine de mètres de profondeur. Le diamètre intérieur des tubes est de 3,20 m seulement. Aucune ventilation mécanique n'était primitivement prévue. Un ventilateur a été installé en 1902. Les conditions d'aération de cette ligne sont assez médiocres, la proportion d'acide carbonique atteignant parfois 141 l pour 100 m³ cubes d'air, avec des prises d'air effectuées entre 11 heures du matin et midi.

Le *Waterloo and City*, ouvert à l'exploitation en 1898 est une ligne de 2 500 m seulement ; le diamètre des tubes est de 3,66 m. Aucune installation de ventilation mécanique n'a été prévue, mais il est à noter qu'il n'y a pas de stations intermédiaires.

Le *Central London* est une ligne de 9 600 m de longueur, dont la direction générale va de l'Est à l'Ouest, de Shepherd's Bush à la Banque, et qui dessert les quartiers du centre de la ville. Le diamètre intérieur

Digitized by Google

des tubes est de 3,45 m. Cette ligne est en certains endroits à 31 m de profondeur. Elle a été ouverte à l'exploitation en 1900.

On comptait sur le mouvement des trains pour assurer l'aérage des tunnels, mais il a fallu recourir à la ventilation mécanique. Elle s'effectue pendant la nuit, lorsque le service des trains est interrompu. Toutes les portes des stations intermédiaires sont alors fermées ; à la station terminus de la Banque seulement, les couloirs d'accès sont laissés ouverts. A l'extrémité opposée de la ligne, du côté de Shepherd's Bush, on a installé un grand ventilateur de mine, du type Guibal, et l'air est aspiré à travers tout le tunnel, depuis la Banque jusqu'à Shepherd's Bush, avec une vitesse de 3 m par seconde. Le ventilateur fonctionne également pendant quelques heures au milieu de la journée, au moment où il y peu de voyageurs. Les portes des stations sont alors maintenues ouvertes. On purifie ainsi l'atmosphère de la station terminus de Shepherd's Bush et des tunnels voisins.

On observe cependant des proportions d'acide carbonique élevées, et fréquemment supérieures à 100 litres pour 100 m³ d'air. La température se maintient en hiver à 20°,5 environ ; elle serait de 22°,8 en été.

Les conditions d'aération sont donc encore assez médiocres, et, après une journée de trafic intense, l'air laisse beaucoup à désirer.

La ligne du *Great Northern and City*, construite en 1904, a des tubes d'un diamètre bien plus grand (4,88 m) car on avait primitivement l'intention d'y faire circuler des trains à gabarit normal. La partie souterraine la plus étendue a 4,2 km de longueur. Les tunnels ne sont pas ventilés, sauf à la station de Pool Street où un petit ventilateur électrique refoulant de l'air pur est mis en marche matin et soir, aux heures d'affluence.

Nous retrouvons de nouveau des tubes de petit diamètre (3,562 m) au *Baker Street and Waterloo* ouvert à l'exploitation l'année dernière, et dont M. Birault décrit les installations de ventilation. Chaque station est ventilée séparément; on compte sur le mouvement des trains pour l'aérage des tunnels entre les stations.

Les tubes ont sensiblement le même diamètre (3,556 m) sur la ligne du *Great Northern Piccadilly and Brompton* ouverte à l'exploitation le 15 décembre 1906, et dont l'aération est assurée par dix-neuf petits ventilateurs électriques échelonnés le long de la ligne, qui aspirent l'air vicié et le rejettent au dehors.

*New-York.* — Le chemin de fer électrique souterrain construit récemment à New-York a 16 km de longueur environ. La ligne à double voie est généralement à une faible profondeur au-dessous de la chaussée. Les tunnels ne sont pas ventilés.

Il en est de même du tunnel de 3,2 km de longueur de la Compagnie du *New York Central and Hudson River Railroad*, qui se trouve sous l'avenue du Park, mais la traction à vapeur vient d'être remplacée par la traction électrique.

*Boston.* — Le métropolitain électrique souterrain de Boston a 3 km de longueur avec des sections à double et à quadruple voie. Au milieu de l'intervalle de chaque stations des ventilateurs électriques aspirent l'air

Digitized by Google

vicié des tunnels et le rejettent au dehors. Les rentrées d'air pur se font par les stations.

*Baltimore.* — Le tunnel à double voie du chemin de fer de Philadelphie à Baltimore et Washington, qui se trouve sous la rue Wilson, est exploité par traction à vapeur. Il avait primitivement 1138 m de longueur. En 1892, on installa vers le milieu du tunnel un ventilateur électrique de 4,57 m de diamètre, qui aspirait l'air vicié et le rejetait au dehors par une cheminée de 30 m de hauteur.

On a dû compléter ultérieurement cette installation par une autre analogue. On a couvert une tranchée de 60 m suivie d'un petit tunnel, de manière à constituer un souterrain unique de 1 477 m de longueur, et à 233 m de l'extrémité nord du tunnel, on a disposé deux ventilateurs électriques aspirants de 4,57 m de diamètre, avec un débit total de 106 $m^3$ par seconde, l'air vicié étant refoulé par une cheminée de 45,72 m de hauteur.

*Paris.* — M. Birault rappelle les excellentes conditions d'aération réalisées par la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans, dans les parties souterraines du *prolongement de la ligne de Sceaux vers le Luxembourg*, bien que la traction à vapeur soit employée.

Il décrit les installations de ventilation mécanique de la station souterraine du Luxembourg. L'air vicié, aspiré par une galerie d'aérage, au moyen d'un ventilateur, est rejeté au dehors par une cheminée qui dépasse de deux mètres le toit des immeubles voisins. Les rentrées d'air pur se font par les petits kiosques de prise d'air disposés sur les trottoirs des voies publiques.

Les conditions d'aération des parties souterraines du réseau de notre *Chemin de fer Métropolitain* sont connues d'une façon très précise par les résultats des analyses d'air et par les relevés de température et de tensions de vapeur d'eau, auxquels procède depuis plusieurs années M. Albert Lévy, Directeur du Service chimique de l'Observatoire de Montsouris, et son collaborateur M. Pécoul. Ces résultats sont publiés dans les procès-verbaux des séances de la Commission du Métropolitain et dans les Annales de l'Observatoire de Montsouris. Les prélèvements d'air sont faits dans chaque tunnel à égale distance des stations, toujours à quatre heures de l'après-midi.

*La Ligne n° 1 : Vincennes-Maillot* est entièrement souterraine, à part la station aérienne de la Bastille. Comme cela était à prévoir, c'est dans la partie ouest de la ligne que l'atmosphère est le plus viciée, ce qui est dû à la grande longueur du tunnel Bastille-Maillot (7 km) et aussi à ce que cette partie de la ligne est plus fréquentée. Les quantités d'*acide carbonique* vont en augmentant, dans les deux tunnels Bastille-Maillot et Bastille-Vincennes, à mesure que l'on s'éloigne de la station aérienne de la Bastille. Puis, on observe une diminution des proportions d'acide carbonique vers les extrémités de la ligne. Les dernières analyses d'air (décembre 1906) accusent un maximum de 139 l dans le tunnel Concorde-Champs-Elysées, et la proportion de 100 l est dépassée pour tous les tunnels, des Tuileries jusqu'à l'Étoile.

L'atmosphère des tunnels est toujours beaucoup plus humide que l'air

Digitized by Google

extérieur. Les *tensions de vapeur d'eau* varient à peu près de la même façon que la viciation due à l'acide carbonique. Quant aux *températures*, elles ne sont pas sensiblement influencées par les variations de température extérieure, parfois considérables, observées à quelques jours de distance, au moment où les expériences ont été effectuées.

L'action des saisons exerce elle-même peu d'influence : la température moyenne de l'air des tunnels est de 3 degrés environ plus basse en hiver qu'en été.

Dans une même journée, les variations horaires de la température suivent une loi absolument régulière, en toutes saisons. On observe un minimum à 4 heures du matin, un maximum à 8 heures du soir. Le thermomètre baisse d'une façon accentuée à partir de minuit et demi, lorsque le trafic cesse et que les portes des stations sont maintenues ouvertes pour aérer les tunnels.

Une série d'observations effectuées dans le tunnel *Alma-Marbeuf* a donné :

En été : température minimum, 21 degrés ; maximum, 22°5 ;

En hiver : température minimum, 17°3 ; maximum, 20 degrés environ.

La ventilation nocturne a donné dans ce tunnel les résultats suivants (observations du 15 novembre au 5 décembre 1905) :

Acide carbonique : de 1 heure à 5 heures du matin, 48 l ; de 4 heures à 10 heures du soir, 108 l.

Températures : nuit, 17°5 ; jour, 19°7.

Cette ventilation est donc très efficace pour abaisser la proportion d'acide carbonique, mais sans grand effet sur la température.

M. Birault indique ensuite les améliorations locales réalisées sur la *ligne n° 2 Nord, Nation-Dauphine*, par l'ouverture d'une baie d'aération à la station de la rue de Rome et du côté de Belleville, et par l'exécution d'un puits pour l'installation d'un ventilateur aux Ternes.

Les dernières analyses d'air effectuées (4e trimestre 1906) montrent que la baie d'aération de Rome a diminué la proportion d'acide carbonique pour les tunnels voisins mais du côté de Clichy seulement, on retrouve 100 l d'acide carbonique dans le tunnel Blanche-Pigalle. De la station des Ternes jusqu'à celle de Rome, la proportion d'acide carbonique reste voisine de 100 l.

L'atmosphère est moins viciée au delà des Ternes jusqu'à l'Etoile, et dans la partie souterraine Combat-Nation, la baie d'aération de Belleville ne paraît pas avoir exercé une grande influence.

Quant aux températures, elles varient toujours très peu, elles sont élevées vers les extrémités de la ligne ; on trouve 22°8 au milieu du tunnel Bagnolet-Avron.

La viciation de l'atmosphère est moindre dans la *ligne n° 3, Gambetta-Villiers* ; moyenne : environ 70 l d'acide carbonique ; pour la température, les dernières observations (octobre 1906) donnent une moyenne de 22°5, avec un maximum de 23°4.

On trouvera au Bulletin de la Société des résultats d'analyses d'air et des relevés de température à l'intérieur des voitures, ainsi que les expériences effectuées pour mesurer la vitesse de l'air dans les tunnels, et qui ont montré que l'atmosphère est ordinairement à peu près stagnante.

Digitized by Google

*Conclusions générales.* — En terminant sa communication, M. Birault indique quelles sont les conclusions pratiques qui paraissent se dégager de cette étude générale des métropolitains.

Une ventilation modérée permet d'abaisser notablement la proportion d'acide carbonique et de vapeur d'eau, mais elle ne purifie pas l'air des gaz et miasmes nocifs d'origine respiratoire qui s'y sont accumulés pendant le jour, ainsi sans doute que des bactéries pathogènes qu'il pouvait contenir.

Une ventilation modérée n'abaisse pas non plus sensiblement la température.

Une ventilation très active paraît donc nécessaire. Quelle que soit la température extérieure, elle permettra d'éviter de trop grands écarts de température entre l'air des tunnels et l'air extérieur. Si l'on veut obtenir également pendant les journées les plus chaudes de l'été une fraîcheur relative à l'intérieur des souterrains, tout en combattant la viciation de l'atmosphère par la ventilation, il faudra refroidir l'air introduit dans les tunnels ou en rafraichir l'atmosphère par des procédés appropriés.

Les nettoyages par voie humide, recommandés par les hygiénistes, y contribueraient efficacement. Ils nous demandent aussi la suppression du ballast, à l'intérieur duquel viennent s'accumuler toutes les impuretés qui y pénètrent, et qui augmente la production des poussières. M. Birault signale à ce sujet une étude très intéressante de M. J.-B. Thierry, dans laquelle il préconise un type de voie sans ballast, sur radier asphalté, tout en cherchant à obtenir une grande souplesse de la voie et à amortir davantage le bruit des trains.

Pour la ventilation, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées : ventilation par grandes sections de tunnels, ou par petites sections. La première convient très bien lorsqu'il n'y a pas de convois dans les souterrains, c'est-à-dire pendant les heures d'interruption du service des trains. La seconde solution permet de ventiler pendant les heures d'exploitation.

Le mouvement des convois contrarie, en effet, le courant d'air de la ventilation artificielle : les résultats des expériences faites au tunnel du Saint-Gothard ont montré combien cette action des trains est importante. Les expériences effectuées en 1901 par la Compagnie du Métropolitain entre les stations de Vincennes et de la Bastille, et publiées dans la *Revue Industrielle*, ont montré aussi combien le mouvement des convois oppose de résistance au passage de l'air. Le ventilateur installé à Vincennes déterminait de violents courants d'air dans les couloirs d'accès de la station de Vincennes, son action se faisait à peine sentir à la station de la Nation et encore moins aux autres.

On opérera par *aspiration d'air vicié* ou par *insufflation d'air pur*. C'est la première solution qui a été adoptée dans les installations de ventilation mécanique des lignes métropolitaines étrangères précédemment décrites, ainsi qu'à Paris pour la ventilation des tunnels de la ligne de Sceaux vers le Luxembourg.

Cette préférence parait justifiée, car en aspirant l'air vicié des tunnels, l'air pur extérieur a une tendance à pénétrer dans les souterrains par

Digitized by Google

toutes les communications existantes entre les tunnels et l'air extérieur, notamment par les accès des stations, ce qui est sans inconvénient. Quelle que soit la solution adoptée, il y a tout intérêt à rejeter l'air vicié au dehors par des cheminées ou kiosques d'aérage, en employant au besoin des moyens mécaniques pour être certain que cet air vicié s'échappera toujours par les issues prévues, et non pas par les accès des stations.

Dans sa communication, M. Birault s'est efforcé d'exposer dans son ensemble le problème de la ventilation des métropolitains souterrains. Des Collègues plus compétents seraient seuls qualifiés pour traiter avec autorité toutes les questions qui s'y rattachent, et il s'est seulement proposé d'exposer des faits, des résultats d'expériences sur lesquels on puisse s'appuyer pour l'étude d'une question aussi importante et d'un intérêt général.

M. le Président remercie M. Birault de sa communication très documentée sur une des questions actuelles les plus importantes. Une discussion sur ce sujet ne peut manquer d'être fort intéressante et M. le Président, d'accord avec le conférencier, propose d'en fixer la date au commencement de la prochaine séance du 1er février.

M. Albert-Lévy a la parole pour sa communication sur *Les atmosphères confinées.*

M. Albert-Lévy, après avoir rappelé les désastreuses conséquences qu'entraîne l'insalubrité de nos demeures, explique que le nombre de mètres cubes d'air n'était pas toujours une garantie absolue d'une bonne installation hygiénique et qu'il fallait encore et surtout une aération énergique pour éviter les dangers que présentent les atmosphères confinées.

Il appuie son raisonnement de nombreuses statistiques, dressées pour la phtisie, sur des ouvriers travaillant en plein air, dans des locaux fermés et dans des milieux confinés.

Le distingué conférencier attribue l'insalubrité des locaux à deux causes distinctes :

1° Les combustions qui s'opèrent dans nos demeures (chauffage, éclairage), la respiration humaine empruntent à l'air son oxygène, et, si cet air n'est pas suffisamment renouvelé, la proportion d'oxygène diminuant, la respiration des êtres qui vivent dans ces milieux devient anormale : d'ou anémie ;

2° Les combustions que nécessitent le chauffage et l'éclairage, les produits de la respiration fournissent, d'une manière continue, des gaz toxiques qui empoisonnent plus ou moins rapidement.

D'où le double problème à résoudre :

1° S'assurer qu'une atmosphère confinée ne contient pas de gaz toxiques ;

2° S'assurer que la proportion d'oxygène reste suffisante pour entretenir une respiration normale.

Dans le premier cas, *gaz toxiques*, certains gaz sont suffisamment odorants pour que leur présence soit révélée. Mais l'oxyde de carbone, lui, n'a aucune odeur. On est intoxiqué sans s'en douter, même quand l'oxyde de carbone existe dans de très faibles proportions.

Digitized by Google

MM. Albert-Lévy et Pécoul ont construit un appareil qui décèle un cent-millième d'oxyde de carbone.

Le conférencier donné la description complète de l'appareil basé sur la réduction de l'acide iodique par l'oxyde de carbone et sur les colorations que prend le chloroforme sous l'influence des vapeurs de l'iode mis en liberté.

Dans le deuxième cas, *Qualité de l'air respirable*, s'il est difficile de mesurer rapidement et avec exactitude la proportion d'oxygène contenue dans l'air, il est au contraire facile de doser la proportion de l'acide carbonique qui a été substitué à l'oxygène.

Quelle proportion d'acide carbonique peut-on tolérer ?

Après analyses, expériences de toutes sortes et rapports présentés par MM. le Dr Pottevin et par le conférencier lui-même, la Commission d'hygiène industrielle du Ministère du Commerce a fixé à un millième la proportion d'acide carbonique qui ne doit pas être dépassée.

Les inspecteurs du travail doivent dresser procès-verbal chaque fois qu'ils constatent une proportion d'acide carbonique égale ou dépassant 100 l par 100 m³ d'air.

M. A. Lévy termine en donnant la description de l'appareil et des réactions qui servent à doser l'acide carbonique. Il communique les résultats des analyses faites par lui à Paris, à l'Élysée, au Métro, à la Chambre des députés, dans les écoles, dans les hôpitaux, etc.

M. le Président remercie M. Albert-Lévy de sa communication. La situation qu'occupe M. A. Lévy comme directeur des services chimiques de l'Observatoire de Montsouris et sa compétence bien connue donnent une valeur encore plus grande aux renseignements qu'il a apportés à la Société.

M. le Président espère que M. A. Lévy voudra bien assister à la prochaine séance et prendre part à la discussion de la communication de M. Birault dont celle de M. Lévy est un complément indispensable et des plus intéressants.

MM. A. Charbonneau, J. Gilbert, P. Gravier, F. Guéry, V. Guillerme, P. Sarda, V. Youchkievitch, sont présentés comme Membres Sociétaires titulaires;

MM. C. Blanchard et P. Millet comme Membres Sociétaires Assistants, et

M. H. Abraham comme Membre Associé.

MM. P. Blaché, P. Brandt, F. Desgranges, C. Gleyre, H. Pataud, R. Pornin, G. Desaulles, M. Latour, sont admis comme Membres Sociétaires titulaires, et

MM. L. Heilmann, J. Le Chatelier et J. Guillemin, comme Membres Sociétaires Assistants.

**La Séance est levée à onze heures un quart.**

*L'un des Secrétaires techniques*,
F. Taupiat de Saint-Simeux.

Digitized by Google

# LA VENTILATION DES TUNNELS DE CHEMINS DE FER ET DES MÉTROPOLITAINS SOUTERRAINS

PAR

**M. C. BIRAULT**

---

Quand on a entrepris la percée des premiers tunnels sous les Alpes, on s'est préoccupé d'assurer l'aérage des galeries, pendant l'exécution des travaux.

Mais, une fois l'ouvrage achevé, on a compté sur les bons effets de la ventilation naturelle pour renouveler l'air convenablement à l'intérieur de ces longs souterrains.

Si cette ventilation naturelle a paru tout d'abord s'établir dans des conditions satisfaisantes, l'augmentation du trafic a modifié profondément les conditions premières d'exploitation. Les trains devenant plus nombreux et plus lourds, les locomotives plus puissantes, l'atmosphère des tunnels s'est trouvée viciée dans des proportions dangereuses par les gaz et par les fumées provenant de la combustion du charbon sur les grilles des locomotives.

Aussi a-t-on dû avoir recours à la ventilation mécanique pour améliorer les conditions de respirabilité de l'atmosphère à l'intérieur des souterrains, afin que le personnel de l'exploitation ne soit pas exposé à de sérieux dangers d'asphyxie.

Ces installations de ventilation mécanique sont toutes récentes, puisque celles du Saint-Gothard datent de 1899 et celles du Mont-Cenis de 1904; et il est certain que la nécessité s'en imposait depuis longtemps, surtout au tunnel du Mont-Cenis, où la ventilation naturelle était notoirement insuffisante.

L'on a adopté pour ces deux tunnels le système de ventilation mécanique inventé quelques années auparavant par M. Marc

Digitized by Google

Saccardo, Inspecteur en chef des Chemins de fer d'Italie, et appliqué pour la première fois en 1894, au tunnel de Pracchia, sur la ligne de Bologne à Pistoïe, à la traversée des Apennins.

Le système Saccardo a été adopté depuis lors en Italie pour la ventilation de nombreux tunnels de chemins de fer. On l'a employé en France au tunnel de l'Albespeyre, sur la ligne de Paris à Nîmes, à la traversée des Cévennes, et nous retrouvons en Amérique, aux États-Unis, des dispositifs analogues pour la ventilation de certains tunnels de chemins de fer.

Le tunnel du Simplon, qui a été ouvert à l'exploitation en juin 1906, est ventilé par des procédés tout différents, et l'on a prévu, dès l'origine, les installations de ventilation mécanique nécessaires pour l'aérage du tunnel, pendant l'exploitation.

En résumé ce n'est guère que depuis une dizaine d'années que l'on s'est attaché à résoudre pratiquement, d'une façon satisfaisante, le problème de la ventilation des tunnels de chemins de fer. Mais la solution n'aurait pu en être différée bien longtemps, car l'intensité toujours croissante des échanges internationaux fait envisager maintenant comme prochaine la percée de nouveaux grands tunnels sous les Alpes et les Pyrénées à mesure que les anciennes routes commerciales deviennent insuffisantes.

D'ailleurs, en dehors des très grands tunnels qui établiront des jonctions nouvelles entre les réseaux ferrés de nations séparées par des massifs montagneux ou des bras de mer, nous voyons que l'on complète constamment ces réseaux, dans chaque pays, par l'exécution de lignes plus difficiles comportant de nombreux souterrains.

La question de la ventilation des tunnels de chemins de fer est donc de celles qui prendront dans l'avenir une importance toujours plus considérable.

Tandis que l'on relie entre elles, par des routes plus directes, les grandes métropoles où se concentrent l'activité et la puissance économique des nations, il devient également nécessaire d'assurer des communications plus rapides entre les divers points de ces vastes cités, et nous assistons à la création ou au déve-ppement de réseaux de chemins de fer métropolitains, dans principales capitales ou grandes villes des deux mondes.

insi, nous voyons se poser, de nouveau, le problème de la tilation des tunnels, pour l'aérage des chemins de fer métro-itains souterrains.

e même que pour les grands tunnels de chemins de fer, cette



Digitized by Google

question de la ventilation paraît avoir été négligée dans la construction des premières lignes métropolitaines, aussi bien à Londres, qu'à New-York et à Paris.

Il est d'autant plus utile de nous en préoccuper en ce moment, que notre réseau métropolitain est loin d'avoir atteint toute l'importance qu'il aura dans l'avenir, après l'exécution des principales lignes concédées.

Nous terminerons donc cette communication sur la Ventilation des tunnels, par une étude générale des dispositions adoptées pour la ventilation des principaux métropolitains souterrains.

Avant d'aller plus loin, nous devons dire que si nous avons entrepris une étude d'ensemble sur un aussi vaste sujet, nous ne nous en sommes pas dissimulé les difficultés, mais nous avons pensé qu'elles ne devaient pas nous arrêter et que nous devions simplement répondre de notre mieux à la confiance de la première Section de votre Comité, qui a bien voulu nous charger de traiter cette question devant vous.

Nous nous sommes donc proposé de décrire les principales installations de ventilation mécanique, en indiquant les résultats pratiques obtenus d'après les documents qu'il nous a été possible de réunir.

Il est évident que les conclusions intéressantes se dégageraient d'elles-mêmes du faisceau des faits observés, si tous les éléments du problème étaient parfaitement connus dans chacun des cas étudiés, si tous les résultats obtenus étaient traduits en chiffres certains.

Malheureusement, il n'en est pas toujours ainsi, et il est parfois difficile de retrouver les causes de différences d'expériences dont les résultats ne sont pas concordants.

Enfin, d'une manière générale, il serait désirable que l'on se mît d'accord sur ce qu'on appellera ventilation satisfaisante, en définissant cette expression par des coefficients numériques précis, qui soient en rapport avec les données fournies par les expériences des hygiénistes. C'est par une analyse des études faites sur ce sujet, à diverses reprises, que nous commencerons cet exposé général de l'état de la question de la ventilation des tunnels de chemins de fer et des métropolitains souterrains.

Nous espérons que cette étude d'ensemble permettra peut-être de mieux juger de ce qu'il y aurait lieu de faire pour combler les lacunes constatées et pour élucider les points controversés.

Grâce à l'appui de notre Société auprès des grandes Adminis-

Digitized by Google

trations ou Compagnies étrangères, nous avons pu visiter en détail d'intéressantes installations de ventilation mécanique, et nous procurer d'utiles renseignements sur plusieurs autres installations.

Nous avons dû naturellement compléter notre documentation sur certaines d'entre elles par des données extraites de publications françaises ou étrangères, notamment pour les installations américaines. Nous avons été secondés dans ces recherches par le dévoué secrétaire technique de la Section de Travaux publics, notre Collègue, M. Taupiat de Saint-Simeux.

Nous indiquerons pour chacune des installations étudiées l'origine des documents sur lesquels nous nous sommes appuyés, puisque c'est un élément d'appréciation des plus importants dans l'analyse des résultats obtenus, et nous indiquerons également les concours qui nous ont rendu plus facile la tâche que nous avions entreprise.

Mais nous tenons à exprimer dès maintenant tous nos remerciements au Président de notre Société, M. Hillairet, et au Président de la Section de Travaux publics, M. Groselier, pour leur constant appui dans ces circonstances.

Nous partagerons notre étude en deux parties :

1° Ventilation des tunnels de chemins de fer;

2° Ventilation des métropolitains souterrains.

---

## PREMIÈRE PARTIE

## VENTILATION DES TUNNELS DE CHEMINS DE FER

Deux causes peuvent rendre nécessaire la ventilation mécanique des tunnels de chemins de fer : la viciation de l'atmosphère et l'élévation de température.

Avec la traction à vapeur, adoptée à l'heure actuelle d'une manière presque générale, ces deux phénomènes sont produits simultanément par l'évacuation directe des gaz de la combustion dans l'atmosphère du tunnel. Il est donc à souhaiter que l'emploi de la traction électrique se généralise rapidement dans les souterrains où l'aérage naturel est insuffisant, et cette solution semble particulièrement indiquée lorsqu'il existe, dans le

Digitized by Google

voisinage, des chutes d'eau permettant de produire économiquement l'énergie necessaire pour la traction des convois.

Les circonstances locales ont une grande influence sur la façon dont s'établit la ventilation naturelle. La direction et l'intensité des courants d'air à l'intérieur d'un tunnel sont également soumises aux influences atmosphériques.

D'une manière générale, les tunnels les plus longs sont ceux qui se ventilent le plus mal, mais cette règle n'est pas absolue, et nous verrons des exemples de tunnels de faible longueur, particulièrement dangereux au point de vue de la ventilation.

Les conditions seront d'autant plus mauvaises, toutes choses égales d'ailleurs, que le trafic sera plus intense, surtout avec la traction à vapeur. Tel est le cas des grands tunnels assurant des communications internationales, comme au mont Cenis et au Saint-Gothard.

Mais les conditions d'exploitation sont quelquefois difficiles, même avec des trafics modérés, si la voie est en forte rampe et que la traction à vapeur exige de fortes dépenses de combustible par mètre courant de souterrain.

Lorsque l'on emploie la double ou triple traction, pour les lourds trains montants de marchandises, avec une locomotive de tête et une ou deux locomotives de renfort à l'arrière du train, les dangers d'asphyxie sont le plus à redouter sur la plateforme des machines d'arrière. Il est nécessaire que les gaz de la combustion et la fumée soient balayés rapidement par un courant d'air ayant une vitesse relative suffisante par rapport au train. Comme ce dernier tend à entraîner l'air du tunnel dans le sens de sa marche, on conçoit que, dans certains cas, des tunnels courts soient relativement dangereux, car les frottements de l'air contre les parois ralentissent son entrainement par le train, et ils sont plus élevés si la longueur du tunnel est plus grande. Pendant la traversée de petits tunnels, les convois peuvent ainsi se trouver constamment entourés par l'atmosphère viciée qu'ils entrainent avec eux.

Par contre, dans les longs tunnels à atmosphère stagnante, c'est l'accumulation des gaz délétères provenant des trains successifs qui est davantage à craindre, et c'est la raison pour laquelle on a dû créer les installations de ventilation mécanique des tunnels du Saint-Gothard et du mont Cenis, lorsque le trafic s'est développé.

Le passage des convois contribue à élever la température à

Digitized by Google

l'intérieur des souterrains, surtout avec la traction à vapeur où les gaz de la combustion sont évacués à haute température. Mais il existe une autre cause d'élévation de température qui peut devenir prépondérante dans le cas des longs tunnels traversant des massifs montagneux élevés. On sait, en effet, que la température du sol augmente avec la profondeur au-dessous de la surface. C'est ainsi que l'on a observé, comme température de la roche :

| | Température. | Profondeur au-dessous du faîte. |
|---|---|---|
| | degrés | m |
| Au tunnel du mont Cenis . . . . | 30 | 1 654 |
| — du Saint-Gothard. . . | 31 | 1 706 |
| — de l'Arlberg . . . . . | 19 | 720 |
| — du Simplon . . . . . | 56 | 2 135 |

Ces températures se sont abaissées notablement après le percement, par suite du refroidissement des parois au contact de l'air. Elles n'en existent pas moins constamment, à une distance plus ou moins grande des parois du tunnel, et c'est une cause permanente de l'élévation de la température, à l'intérieur des longs souterrains.

Nous rechercherons tout d'abord quelles sont les limites admissibles pour le degré de viciation de l'atmosphère d'un tunnel et pour l'élévation de la température, puis nous verrons, d'une manière générale, quels sont les différents systèmes de ventilation applicables aux tunnels de chemins de fer, nous décrirons ensuite les principales installations existantes.

## Viciation de l'atmosphère et élévation de température.

Dans l'étude des conditions d'aération à réaliser, nous devons partir des données fournies par les hygiénistes qui ont étudié la résistance de l'organisme aux différents gaz délétères qui peuvent vicier l'air des tunnels.

Avec la traction à vapeur, la combustion du charbon appauvrit la teneur de l'air en oxygène, elle dégage dans l'atmosphère de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'acide sulfureux si le charbon contient un peu de soufre, de la vapeur

Digitized by Google

d'eau qui s'ajoute à celle provenant de l'échappement des machines.

La résistance aux effets des gaz irrespirables ou toxiques et à la chaleur varie avec les sujets, et l'on doit également tenir compte du temps plus ou moins long pendant lequel on y demeure exposé.

On admet généralement les chiffres suivants :

*Oxygène.* — La proportion en volume d'oxygène dans l'air est normalement de 20,9 0/0. Jusqu'à 18 0/0 l'organisme ne souffre pas de la diminution de la teneur en oxygène; c'est vers 12 0/0 que l'atmosphère devient dangereuse à respirer.

*Acide carbonique.* — La quantité d'acide carbonique contenue dans l'air varie de 0,03 à 0,05 0/0, et elle est généralement voisine du premier chiffre, soit environ 30 l d'acide carbonique par 100 m$^3$ d'air. Comme ce gaz n'est pas toxique, la proportion peut s'en élever notablement sans dangers sérieux; divers expérimentateurs ont affirmé l'innocuité de l'acide carbonique dans la proportion de 1 à 4 0/0; la combustion devient difficile dans l'air chargé à 7 ou 8 0/0 d'acide carbonique, au delà les lampes s'éteignent, et avec des proportions d'acide carbonique plus élevées, l'atmosphère devient dangereuse à respirer. Une teneur de 20 à 30 0/0 amène rapidement la mort.

Les hygiénistes ont admis, pour les teneurs admissibles en acide carbonique de l'air confiné, des limites assez basses, sans doute à cause des gaz toxiques qui l'accompagnent habituellement. Ces limites varient entre 0,07 et 0,1 0/0, soit 70 à 100 l pour 100 m$^3$ d'air.

Il est bien certain que si l'on résiste sans danger à des atmosphères contenant une proportion d'acide carbonique beaucoup plus forte, cela présente à la longue des inconvénients au point de vue de l'hygiène, pour les personnes exposées à y séjourner longtemps.

*Oxyde de carbone.* — Ce gaz toxique attaque l'hémoglobine du sang; une teneur de 0,1 0/0 est dangereuse, une teneur de 0,2 0/0 est mortelle.

*Acide sulfureux.* — Des traces d'acide sulfureux rendent l'air irrespirable, une proportion de 0,06 0/0 amène la mort.

Digitized by Google

*Température et humidité.* — L'évaporation cutanée permet de supporter de très notables élévations de température, aussi le degré d'humidité de l'atmosphère influe-t-il beaucoup sur les conditions de résistance à la chaleur.

Dans une atmosphère à 30 degrés saturée de vapeur d'eau, la température du corps humain s'élève à 40 degrés, tandis que l'on a observé que l'homme peut séjourner de dix à vingt minutes dans un local porté à 100 degrés pourvu que l'atmosphère soit parfaitement sèche.

On supporte sans trop d'inconvénients une température de 50 degrés si la proportion d'humidité ne dépasse pas 50 0/0.

Dans les tunnels de chemins de fer, avec la traction à vapeur, toutes ces causes de viciation de l'atmosphère se produisent et l'effet ressenti par l'organisme en est la résultante.

Il y aurait donc lieu d'examiner quelles sont les proportions maxima à admettre, pour chacun de ces gaz, lorsqu'ils existent simultanément, ainsi que les limites pratiques de l'élévation de la température.

Dans l'état actuel de la question, le mieux est de se reporter aux études qui ont été faites, dans certains cas particuliers, et de juger par comparaison du degré de viciation à admettre dans des circonstances données.

A titre d'indication, nous mentionnerons quelles sont les conditions de respirabilité admises par la Commission italienne qui a procédé aux essais du système Saccardo, de juillet à décembre 1894, au tunnel dit de l'Apennin, ou de Pracchia, dont nous décrirons plus loin les installations de ventilation mécanique.

Les expériences de Pracchia ont été publiées dans le Mémoire de la Commission italienne (1) communiqué en 1897 au Gouvernement français. Les parties essentielles de ce Mémoire ont fait l'objet d'une étude de M. L. Champy, Ingénieur des Mines (2). Nous en extrayons les renseignements suivants :

« A Pracchia, les circonstances défavorables de la combus-
» tion amenaient une production d'oxyde de carbone représen-
» tant en moyenne 50 0/0 de l'acide carbonique. L'action de
» l'oxyde de carbone était donc prépondérante.

» Dans le tunnel de l'Apennin, le personnel de service, appelé
» à y faire un séjour prolongé, n'a émis aucune plainte, alors

(1) Studio sulle esperience eseguite coll' apparecchio « Saccardo » applicato all' imbocco Bracchia della galleria dell' Appennino (Linea Bologna-Pistoïe). Ancône, mai 1896.

(2) La ventilation des tunnels et le système Saccardo. *Annales des Mines* (février 1900

» que les teneurs en gaz carboniques atteignaient 0,6 0/0. Le » degré de viciation de l'air d'un tunnel, soit le nombre de » litres de gaz carboniques contenus dans 1 m³ d'air a paru, » dans ces conditions, pouvoir être limité à 6, pour tous les » tunnels où le personnel de service seul serait appelé à sta- » tionner longtemps.

» Pour ceux où les voyageurs seraient exposés à stationner, » la Commission italienne propose de maintenir le degré de » viciation au-dessous de 3. »

La Commission italienne a également recherché les limites de respirabilité admissibles pour le personnel qui se trouve sur la plate-forme de la locomotive arrière des trains lourds en double traction, et elle a indiqué des limites encore plus élevées que les précédentes, par suite de la faible durée de la traversée du tunnel.

Mais ces résultats sont en discordance sérieuse avec les données fournies par les hygiénistes, puisque le degré de viciation de 6, considéré comme admissible pour le personnel de service appelé à stationner longtemps dans le tunnel, correspond à 0,2 0/0 d'oxyde de carbone, proportion indiquée précédemment comme mortelle.

Il est donc nécessaire d'analyser les expériences de la Commission italienne et de rechercher les conditions dans lesquelles elles ont été faites pour conduire à des coefficients aussi élevés.

Nous ne pouvons que renvoyer pour cette étude à la note de M. Champy. Nous remarquerons seulement que les analyses d'air ont été faites au moyen de prises d'essai effectuées sur la plate-forme des locomotives, c'est-à-dire en des points où le mode de prélèvement a le plus d'influence sur les résultats de l'analyse, puisque le mélange des gaz est moins homogène dans le voisinage de l'endroit où se dégagent les produits de la combustion.

Nous noterons également avec M. Champy « que le degré de » précision des analyses de la Commission italienne est certai- » nement inférieur à celui des expériences des hygiénistes qui » procèdent généralement par synthèse. »

Des études théoriques et des expériences ont été faites également sur cette question, en 1895-96, par une Commission anglaise nommée par le Board of Trade, en vue d'examiner les conditions d'aération du Métropolitain de Londres, où l'on avait

Digitized by Google

la traction à vapeur. Le rapport de cette Commission (1) a été analysé par M. Godfernaux dans le *Génie Civil* (2), ainsi que celui de la Commision italienne de Pracchia.

D'après les analyses faites dans les tunnels du Métropolitain de Londres, la combustion du charbon y dégageait une proportion d'oxyde de carbone constante et correspond au 1/13e de volume d'acide carbonique. La proportion d'acide sulfureux, également constante, correspond au 1/440e du volume d'acide carbonique.

Ces conditions de combustion, infiniment meilleures qu'à Pracchia, étaient obtenues en brûlant dans les locomotives du charbon sans fumée du Pays de Galles, et la vapeur d'échappement était condensée dans des bâches latérales à la chaudière pendant la traversée des souterrains. Ces précautions étaient indispensables par suite du trafic très intense de ce chemin de fer dont une partie est souterraine, en tunnel à deux voies.

La Commission anglaise du Board of Trade a adopté des limites de viciation de l'atmosphère bien inférieures à celles que la Commission italienne avait admises.

Elle a limité à 0,15 0/0 la proportion totale d'acide carbonique, soit 0,12 0/0 comme impureté, l'atmosphère en contenant normalement 0,03 0/0. La proportion d'oxyde de carbone étant environ treize fois plus faible, ressortira à $\frac{0,12}{13} = 0,0093$ 0/0 et la proportion d'acide sulfureux serait de $\frac{0,12}{440} = 0,00027$ 0/0.

Sans doute il s'agit là d'un chemin de fer métropolitain et l'on a tenu compte de la quantité considérable de voyageurs circulant constamment dans les tunnels et des conditions sanitaires variables qu'ils présentent. Mais il ne faut pas perdre de vue que, dans des conditions de combustion plus normales pour des tunnels de chemin de fer, la proportion de 0,15 0/0 d'acide carbonique correspondrait à une teneur en oxyde de carbone bien plus élevée que dans l'ancien Métropolitain à vapeur de Londres, et que l'atmosphère serait, par suite, plus viciée, à teneur égale, en acide carbonique.

Si la combustion s'effectuait dans les mêmes conditions qu'à Pracchia, la proportion d'oxyde de carbone serait de 50 0/0 de

(1) Metropolitan Railway (Ventilation of Tunnels). Report of the Committee. Londres, 1897.

(2) Ventilation des tunnels (*Génie Civil*, 1899, t. XXXV, nos 16 à 20).

Digitized by Google

celle de l'acide carbonique. Avec 0,15 0/0 d'acide carbonique, on aurait donc 0,075 d'oxyde de carbone, soit une quantité totale de 0,225 de gaz carbonique, c'est-à-dire un degré de viciation de 2,25 suivant la définition de la Commission italienne.

En comparant ce chiffre avec les coefficients de 3 et 6 indiqués par cette dernière Commission, on voit de suite combien ces derniers sont excessifs, et il nous paraît évident que les limites admises par la Commission anglaise méritent davantage d'être prises en considération.

C'est d'ailleurs aux hygiénistes qu'il appartient de trancher la question et de fixer les limites pratiques à admettre pour la viciation de l'atmosphère des tunnels de chemins de fer. Il est regrettable de constater qu'à l'heure actuelle cette question est aussi peu élucidée, malgré l'importance qu'elle présente.

Nous indiquerons, pour terminer, quelques phénomènes de corosion rapide du matériel, qui ont été observés dans des tunnels où la ventilation est défectueuse.

Ces corrosions sont dues à l'acide sulfurique qui se produit avec les charbons sulfurés. Les gaz de la combustion contiennent de l'acide sulfureux qui se transforme en acide sulfurique, par suite de l'humidité contenue dans l'atmosphère des souterrains. Cet acide sulfurique se dépose sur les parois du tunnel, dans le ballast et sur les rails.

Au tunnel du Saint-Gothard, après trois années et demie d'exploitation, les rails avaient perdu, en moyenne, 18,3 kg et au maximum 28,4 kg.

Au tunnel de Ronco, sur la ligne de Gênes à Turin, la voie primitive n'a duré que quatre ans. Ce souterrain est actuellement ventilé mécaniquement et nous décrirons plus loin ces installations.

Au tunnel de l'Arlberg, la voie a dû être renouvelée après peu de temps de service. Ce souterrain n'est pas ventilé mécaniquement, nous indiquerons donc sommairement les conditions dans lesquelles se fait l'exploitation.

Le tunnel de l'Arlberg a 10 270 m de longueur avec une rampe de 20 mm par mètre suivie d'une pente de 15 mm.

Pour diminuer la viciation de l'atmosphère du souterrain, on remplaça tout d'abord, en 1894, le charbon par du coke, et l'on espaça les convois à une heure au moins d'intervalle; mais le personnel de l'exploitation fut encore victime de sérieux accidents. Une expérience fut alors tentée, en vue de conduire de

Digitized by Google

l'air frais jusque vers le milieu du tunnel par un tuyau disposé le long des parois.

Cette expérience n'ayant pas donné de bons résultats, le pétrole fut employé comme combustible, en 1894, et, depuis 1896, toutes les locomotives traversant le tunnel emploient le pétrole. Grâce à ces mesures, la viciation de l'atmosphère a été diminuée, bien que l'aérage demeure encore insuffisant.

En ce qui concerne les limites admissibles pour l'élévation de température à l'intérieur des tunnels de chemins de fer, l'on peut observer que l'organisme résiste assez bien à des élévations notables de température, que généralement l'atmosphère des tunnels n'est pas à une température élevée et que la durée du passage dans les souterrains est assez courte.

Au tunnel du Simplon, à l'intérieur des wagons de voyageurs, avec les fenêtres fermées, l'élévation de température à la traversée du tunnel est peu sensible. Pour le personnel de l'exploitation, les conditions sont évidemment moins bonnes, mais il faut noter que ce tunnel se trouve dans des conditions exceptionnelles à ce point de vue, par suite de la température élevée des roches traversées.

Nous verrons qu'on a étudié la ventilation et le rafraîchissement de l'atmosphère de manière à avoir une température maxima de 28 degrés environ, et que ces conditions sont sensiblement réalisées dans la pratique. Il est bon de noter que la traversée ne dure guère que quarante minutes pour les trains lourds de marchandises, et que l'atmosphère du tunnel est très peu viciée puisque l'on a adopté la traction électrique.

## Différents systèmes de ventilation applicables aux tunnels de chemins de fer.

Lorsque l'aération produite par la ventilation naturelle est insuffisante, les différents systèmes de ventilation mécanique applicables aux tunnels de chemins de fer sont peu nombreux.

Nous étudierons tout d'abord le cas des tunnels traversant des massifs montagneux, puis celui des tunnels sous des fleuves ou bras de mer.

Pour les tunnels traversant des massifs montagneux élevés, il est généralement coûteux et difficile d'établir des communications directes entre l'atmosphère du tunnel et l'air extérieur,

Digitized by Google

par des galeries transversales ou des puits d'aération débouchant dans le cours de la longueur de l'ouvrage.

Dans certains cas, on a profité de circonstances locales favorables tout à fait exceptionnelles, en utilisant pour la ventilation mécanique de ces tunnels des galeries existantes, mais ces exemples sont peu nombreux.

Dans des conditions plus normales, et pour des tunnels traversant des massifs montagneux importants, c'est uniquement par les têtes du souterrain que devront s'effectuer les insufflations d'air pur ou les extractions d'air vicié.

On pourrait se demander s'il n'y aurait pas une autre solution qui consisterait, en principe, à injecter de l'air pur ou aspirer de l'air vicié, en des points déterminés de la longueur du tunnel, au moyen d'une canalisation établie dans le souterrain, et aboutissant à des compresseurs d'air ou à des ventilateurs installés au dehors vers les têtes du tunnel.

Mais en étudiant le problème de plus près, on constate que les quantités d'air à déplacer, pour avoir une ventilation convenable, sont trop considérables pour que l'on puisse se servir de canalisations d'un diamètre compatible avec le gabarit de circulation des trains. Il faudrait donc exécuter des galeries distinctes du tunnel, et dont la section transversale soit suffisante pour l'aérage, ce qui correspondrait à un cube supplémentaire de déblais considérable.

De même on constate aisément par le calcul que les installations de production d'air comprimé qui ont servi, lors de la construction d'un tunnel, ne sont plus suffisantes pour fournir le cube d'air nécessaire pendant la période d'exploitation. Les conditions de la ventilation sont toutes différentes lorsque le tunnel est percé et qu'il est ouvert à pleine section dans toute sa longueur.

C'est ainsi que l'ancienne installation de ventilation mécanique du tunnel du mont Cenis, qui reposait sur ces principes, n'a jamais donné que des résultats pratiques insignifiants.

En résumé, la ventilation mécanique des tunnels de chemins de fer, traversant des massifs montagneux, devra être assurée sans galerie d'aérage ni canalisation d'air, et les circonstances locales ne permettront, en général, de faire d'insufflation d'air pur ou d'extraction d'air vicié que par les têtes du tunnel ou dans leur voisinage immédiat.

Dès lors, deux solutions restent en présence, suivant que l'on

Digitized by Google

désire que les extrémités du souterrain demeurent constamment ouvertes, ou si l'on considère qu'elles peuvent être fermées par des portes, que l'on ouvre au moment du passage des trains.

Le premier type d'installation *avec souterrain constamment ouvert à ses deux extrémités*, est réalisé dans le système Saccardo, c'est, de beaucoup, le plus répandu.

Le second, *avec portes ou rideaux mobiles*, que l'on ouvre au passage des trains, vient d'être adopté au tunnel du Simplon.

Nous examinerons sommairement leurs avantages et leurs inconvénients.

Il est certain que les manœuvres de portes ou rideaux mobiles constituent une sujétion pour le service de l'exploitation. On pourrait craindre aussi que ces portes ne soient une cause d'accidents, si elles ne sont pas ouvertes en temps utile. Mais ce dernier inconvénient est facile à éviter avec des dispositions analogues à celles qui ont été adoptées au tunnel du Simplon, où les fermetures des têtes du tunnel sont faites au moyen de rideaux mobiles en toile à voile, qui ne sauraient opposer de résistance sérieuse si elles se trouvaient fermées par mégarde au moment du passage du train. L'expérience en a même été faite, involontairement, au Simplon, car depuis l'ouverture à l'exploitation, les rideaux ont été traversés trois fois par les trains, deux fois au portail nord, côté Brigue, et une fois au portail sud d'Iselle, sans qu'il soit résulté aucun accident ni avarie au matériel; le remplacement des rideaux par des toiles de rechange s'effectue très rapidement.

Cependant les manœuvres de portes sont une sujétion que l'on ne retrouve pas dans le premier système, qui est évidemment supérieur à ce point de vue. Mais la fermeture des têtes d'un tunnel permet d'en assurer l'aérage avec des installations de ventilation moins puissantes.

En effet, lorsqu'un souterrain demeure constamment ouvert à ses deux extrémités, la ventilation mécanique est assurée en déterminant un courant d'air de même sens, d'un bout à l'autre du tunnel. Il y a rentrée d'air par une extrémité, sortie de l'air vicié par l'autre.

Il n'est pas facile de réaliser pratiquement des dispositifs permettant d'obtenir un courant d'air réversible, du moins sans augmentation notable des dépenses d'installation. On aura un courant d'intensité variable, mais toujours de même sens.

Il arrivera donc parfois que les effets de la ventilation méca-

Digitized by Google

nique contrarieront ceux de la ventilation naturelle, puisque cette dernière produit des courants d'air dont le sens peut changer. Dans ces circonstances défavorables, la puissance à développer augmente beaucoup, d'où la nécessité de prévoir des installations plus puissantes que si l'atmosphère du souterrain se trouvait entièrement soustraite aux effets de la ventilation naturelle, comme dans le cas où le tunnel est fermé à ses deux extrémités par des portes ou rideaux mobiles.

On remarquera aussi que dans ce dernier cas, il paraît plus facile d'assurer le renouvellement complet de l'atmosphère du tunnel, sans aucune perte d'air pur qui réduise l'effet utile de l'installation, puisque si l'on refoule de l'air par une des têtes, en arrière d'un rideau, il ne peut s'en échapper par cette même tête. De même si on aspire l'air vicié du tunnel en arrière d'un rideau, pour le refouler au dehors, on ne rejette à l'extérieur que de l'air ayant parcouru toute la longueur du souterrain, c'est-à-dire de l'air vicié seulement.

Ces conditions ne sont pas réalisées avec le souterrain constamment ouvert à ses deux extrémités, même en l'absence de toute ventilation naturelle.

Les trains circulant en sens inverse du courant d'air artificiel forment obstacle au passage de ce courant, et il y a pratiquement refoulement d'air pur au dehors, par la tête même du tunnel où se fait l'injection d'air, particulièrement dans le cas des tunnels à voie unique. Pour empêcher ces pertes d'air, il faudrait injecter à une pression au moins égale à celle qui correspond à ce que l'on peut appeler l'obturation pneumatique, c'est-à-dire à une pression supérieure à celle qui annule le courant d'air entraîné par les trains.

Nous verrons, plus loin, en indiquant les résultats des expériences effectuées au tunnel de Prachia, que l'obturation pneumatique exige des pressions notables, elle est évidemment obtenue plus simplement et sans dépense d'énergie, par la fermeture des têtes au moyen de rideaux.

Il nous semble donc logique de voir cette dernière solution adoptée au Simplon. Si l'on avait voulu conserver les têtes du tunnel toujours ouvertes, on aurait été conduit à créer des installations très puissantes, par suite de la grande longueur de ce souterrain.

Mais pour les tunnels de faible et moyenne longueur, le type d'installation avec souterrain ouvert de ses deux extrémités parait

Digitized by Google

présenter des avantages sérieux, car les puissances à développer ne sont pas très grandes, et des manœuvres de portes constitueraient une gêne sérieuse pour l'exploitation.

D'ailleurs, pour les petits tunnels, l'économie de dépenses réalisée sur la puissance des machines de l'installation de ventilation mécanique se trouverait compensée et au delà, par les dépenses correspondant aux portes ou rideaux mobiles et à leurs mécanismes.

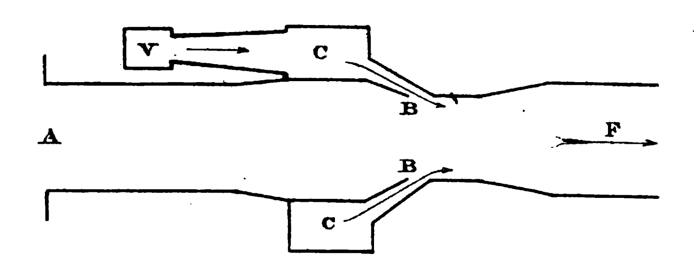
Nous verrons maintenant comment ont été réalisés pratiquement ces deux systèmes, en étudiant les principales installations existantes.

## Premier type d'installation.

### SOUTERRAIN CONSTAMMENT OUVERT A SES DEUX EXTRÉMITÉS.

Presque toutes ces installations sont du système Saccardo, la disposition la plus générale est représentée en principe sur la figure ci-après.

Vers l'une des têtes A du tunnel à ventiler, se trouve le bâti-




ment comprenant les machines motrices actionnant les ventilateurs V. Suivant l'importance de l'installation, on a un seul ventilateur à axe horizontal, ou deux couplés en quantité et montés alors sur le même arbre. Ils aspirent l'air extérieur et le refoulent vers le tunnel par des canaux diffuseurs qui aboutissent à une chambre annulaire C ménagée dans l'épaisseur des parois, à peu de distance de la tête du souterrain.

Cette chambre annulaire se prolonge vers l'arrière par une buse tronconique B à section graduellement rétrécie qui débouche le long des parois suivant une direction faisant un

Digitized by Google

angle très faible avec l'axe du souterrain. L'air pur est ainsi injecté dans le tunnel dans la direction F de la tête opposée.

Pour les tunnels en forte rampe, il y a intérêt à refouler de l'air pur dans la direction inverse des trains montants, qui vicient le plus l'atmosphère du tunnel, afin d'augmenter la vitesse relative de l'air par rapport au train. C'est donc à la tête la plus élevée du tunnel qu'il vaudra mieux disposer l'installation de ventilation mécanique, et on insufflera de l'air dans le sens descendant.

Si au contraire le profil en long de la voie ne présente que de faibles déclivités, on disposera l'installation de manière à produire un courant d'air de même sens que celui que l'on a observé le plus fréquemment dans le tunnel.

La ventilation naturelle viendra ainsi en aide à la ventilation artificielle, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'elle la contrariera.

En ce qui concerne le principe même du fonctionnement de l'appareil Saccardo, on pourrait se demander si l'injection d'air immédiatement en arrière d'une des têtes du tunnel et dans la direction de la tête opposée ne détermine pas un appel d'air par l'ouverture voisine de la buse d'injection; cet air pur, aspiré par entraînement, et pénétrant dans le tunnel, viendrait ainsi s'ajouter à celui qui est directement insufflé par la buse annulaire; l'appareil fonctionnant en somme à la manière d'une trompe.

En réalité cet appel d'air est négligeable, il y a même souvent un léger refoulement d'air, et M. Champy l'a démontré par le calcul, dans l'article qu'il a publié dans les *Annales des Mines*, et que nous avons cité précédemment. Cela tient aux limites entre lesquelles varie pratiquement le rapport de la section totale de la buse annulaire à la section transversale des souterrains, aux vitesses qu'il faut donner aux veines d'air injectées, par suite des cubes d'air à envoyer dans les souterrains pour avoir une ventilation convenable, et à la direction des courants gazeux au sortir de la buse annulaire. Cette direction est sensiblement constante et doit être inclinée à 30 degrés environ par rapport à l'axe du souterrain, pour que l'appareil Saccardo fonctionne convenablement.

C'est donc l'air pur, envoyé dans le tunnel par le ventilateur, et injecté par la buse, qui assure l'aérage du souterrain.

Nous l'avons constaté au tunnel de Busalla, sur la ligne de

Digitized by Google

Gênes à Turin. Alors qu'il existait un violent courant d'air à quelques mètres de l'entrée du souterrain, en arrière de la buse d'injection d'air, il n'y avait au contraire aucun courant d'air sensible à l'entrée même du tunnel.

Le même fait avait été observé d'ailleurs antérieurement aussi bien au tunnel de Pracchia, à simple voie, qu'au tunnel du Saint-Gothard, où la voie est double et la section transversale bien plus grande.

On a même constaté parfois un léger refoulement d'air pur sortant par la tête de l'ouvrage en arrière de laquelle s'effectue l'injection d'air et cela en l'absence de toute ventilation naturelle, et alors qu'aucun convoi ne circule dans le tunnel.

Ce refoulement d'air pur devient très notable dès qu'un train circulant en sens inverse de la direction d'insufflation, pénètre à l'intérieur du tunnel; il est surtout sensible dans le cas des souterrains à voie unique, où la présence des trains crée une résistance très grande au passage de l'air, par suite du peu d'espace qui reste libre entre le convoi et les parois du tunnel. Dès que les trains circulant en sens inverse de la direction d'insufflation sont sortis du tunnel, le courant d'air se rétablit dans le sens de l'insufflation.

L'appareil Saccardo est quelquefois disposé pour agir par aspiration de l'air vicié du tunnel, cet air vicié étant rejeté au dehors par une buse tronconique orientée en sens inverse, c'est-à-dire l'extrémité dirigée du côté de la tête voisine du souterrain. Nous trouverons quelques exemples d'installations de ce genre, en décrivant les principales installations de ventilation mécanique du système Saccardo.

Après avoir procédé à des expériences de laboratoire, puis à quelques essais, en 1891, au tunnel de Pratolino, sur la ligne de Florence à Faenza, afin de déterminer les principaux coefficients pratiques, nécessaires pour l'étude d'un projet de ventilation d'après son système, M. Saccardo, en fit une première application, en 1894, pour la ventilation du tunnel de l'Apennin ou de Pracchia.

### Tunnel de l'Apennin.

tunnel est situé sur la ligne de Bologne à Pistoie. Bien que ngueur ne soit que de 2727 m, les conditions naturelles

d'aérage étaient autrefois très mauvaises, et l'atmosphère était viciée dans des proportions dangereuses pour le personnel de l'exploitation.

Le tunnel de Pracchia se trouve en effet au centre d'un massif montagneux, près d'un faîte, où des vents violents annulent souvent le courant d'air naturel qui tend à s'établir dans le souterrain. Comme il est en rampe de 24,4 mm par mètre, les trains lourds montants y font une forte consommation de combustible. De plus le tunnel est à voie unique, c'est-à-dire à section transversale relativement faible. Cette section est de 23,08 m$^2$ seulement. Enfin ce souterrain termine une rampe continue de 13,5 km comprenant un grand nombre de tunnels plus ou moins longs (le profil de la ligne est représenté p. 86). Aussi le personnel des trains est-il déjà éprouvé par la traversée de ces souterrains successifs.

L'ouvrage est en ligne droite, sauf sur une longueur de 400 mètres, vers la tête amont, où l'on est en courbe de 500 m de rayon.

L'appareil Saccardo a été installé à la tête Nord, la plus élevée, du tunnel de l'Apennin, et les dispositions générales de l'appareil sont celles que nous avons décrites précédemment, l'air pur est refoulé dans le tunnel, dans la direction inverse des trains montants.

Le ventilateur V aspire l'air pur extérieur et le refoule jusqu'au tunnel par un canal diffuseur *dd* à section graduellement croissante, prolongé jusqu'au tunnel et aboutissant à une chambre annulaire *c* ménagée dans les maçonneries, immédiatement en arrière de la tête A du souterrain. La paroi intérieure de cette chambre est en tôle renforcée par des armatures.

La chambre annulaire se prolonge par une buse *b* à section graduellement décroissante débouchant le long des parois, sur toute la périphérie de la section transversale, y compris l'emplacement de la voie. La section totale du débouché de cette buse est de 4,9 m$^2$, l'air pur est insufflé suivant une direction moyenne de 24 degrés avec l'axe du souterrain, cet angle étant celui que fait avec l'axe la bissectrice des arêtes intérieures et extérieures de la buse annulaire.

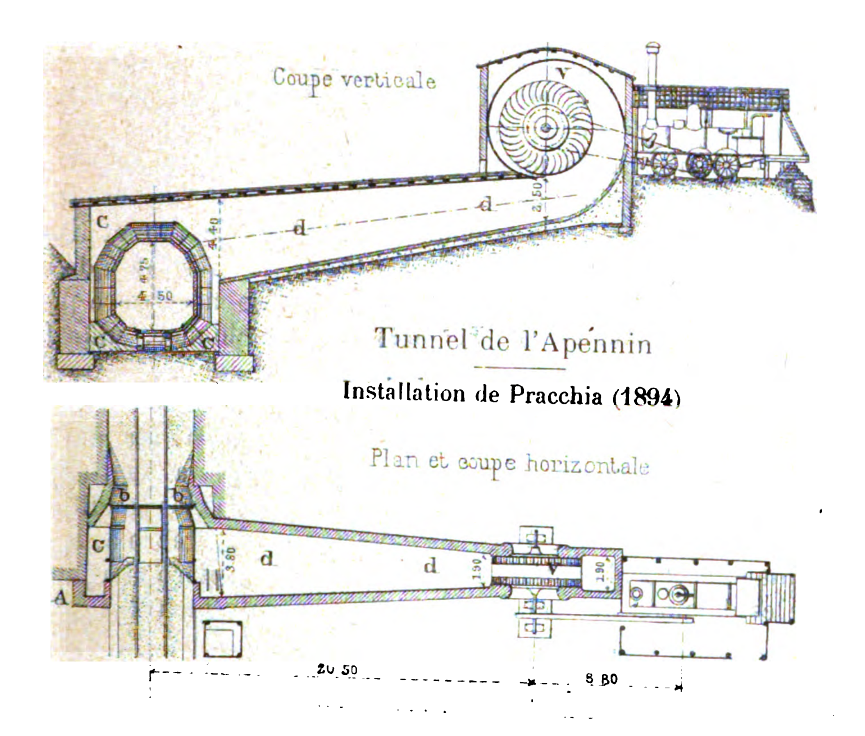
Le ventilateur est du type Ser. Il a 4,90 m de diamètre, le rayon intérieur de la couronne est de 1,20 m et le rayon extérieur 2,45 m. La demi largeur des ailettes près des ouïes est de 0,53 m, leur demi largeur à la périphérie est de 0,45 m. L'angle

Digitized by Google

sous lequel les ailettes se raccordent à la couronne intérieure est de 60 degrés et à la couronne extérieure de 130 degrés.

Dans l'installation faite en 1894, pour étudier le fonctionnement de l'appareil Saccardo, le ventilateur était commandé par courroies au moyen d'une locomotive fonctionnant comme moteur placée sous un hangar voisin du bâtiment du ventilateur.

Cette installation provisoire a été remplacée en 1901 par une définitive, en même temps que l'on a créé les installations de



Installation de Pracchia (1894)

ventilation mécanique des tunnels voisins de Piteccio et Signorino sur la même ligne.

Dans la nouvelle installation de Pracchia, la machine motrice est une machine à vapeur horizontale tandem compound, le ventilateur étant couplé directement sur l'arbre du moteur, avec embrayage élastique à friction.

La vitesse normale de rotation est de 70 tours correspondant à une puissance de 93 chevaux indiqués. La vitesse maximum de rotation est de 100 tours avec 255 chevaux indiqués. Il y a

Digitized by Google

en moyenne 17 trains montants ventilés par jour, au tunnel de Pracchia, au printemps, en mars et avril. Les trains descendants ne sont pas ventilés.

Les installations de ventilation mécanique du tunnel de Pracchia et des souterrains voisins ont rendu l'aération de ces tunnels tout à fait satisfaisante, malgré le développement du trafic. Elles sont également justifiées par des considérations stratégiques, car elles permettraient la circulation des nombreux trains militaires qui ont été prévus en cas de mobilisation.

L'installation de ventilation mécanique du tunnel de Pracchia a été soumise, de juillet à décembre 1894, à toute une série d'essais, sous le contrôle d'une commission de cinq membres, suivant le programme ci-après :

On s'est proposé de déterminer la différence de pression qui doit exister entre les deux extrémités du tunnel pour produire un courant d'air de vitesse donnée, soit dans le tunnel libre, soit dans le tunnel parcouru par des trains, la pression à développer par le ventilateur et la force motrice nécessaire pour produire dans chaque cas une pression utile donnée, enfin les conditions de respirabilité à réaliser.

Pour le détail de ces essais nous ne pouvons que renvoyer au mémoire de la Commission italienne, analysé dans ses parties essentielles par M. Champy dans son article sur la ventilation des tunnels et le Système Saccardo, où il expose les conditions dans lesquelles ont été faites les expériences de Pracchia, leurs résultats, les coefficients qu'elles ont permis de déterminer, ainsi que les données analogues obtenues au Saint-Gothard avec le système Saccardo.

Nous en extrairons quelques renseignements relatifs aux coefficients de frottement de l'air contre les parois, afin de les rapprocher de ceux qui nous ont été communiqués, pour le Simplon, par M. Zallinger, l'ancien Ingénieur des travaux, actuellement Ingénieur en chef du chemin de fer des Alpes Bernoises.

*Le coefficient de résistance des parois* du tunnel de Pracchia a été déterminé par trois séries d'expériences.

Une première série d'essais fut effectuée à l'aide du ventil teur Saccardo, en l'absence de tout courant d'air naturel, soit la différence de pression mesurée en millimètres d'eau, au d bouché de la buse et à l'extérieur, $\varpi$ le poids spécifique de l'ai V la vitesse du courant, L la longueur du tunnel, D le diamèt

Digitized by Google

moyen de la section transversale, déterminé par la relation $D = \frac{4\Omega}{P}$, $\Omega$ section, P périmètre.

On sait que l'on a la relation :

$$\frac{e}{\varpi} = \rho \frac{V^2}{2g} \frac{L}{D}$$

dans laquelle $\rho$ est un coefficient numérique dont la valeur dépend de l'état de la surface des parois, et que l'on peut appeler coefficient de résistance des parois.

La valeur de $\rho$, déduite de vingt-deux expériences où l'on mesurait $\varpi$, $e$ et V, a été trouvée égale en moyenne à 0,0208.

S'il existe un courant naturel initial de vitesse $V_0$ de même sens que le courant artificiel de vitesse V, la valeur de $\rho$ est donnée par la formule :

$$\rho = \frac{\frac{e}{\varpi} + \frac{V_0^2}{2g}}{\frac{L}{D} \frac{V^2 - V_0^2}{2g}}$$

Vingt-deux expériences effectuées dans ces conditions ont donné une valeur moyenne de $\rho$ égale à 0,0207.

Enfin dans un troisième groupe d'expérience le courant naturel était de sens opposés au courant artificiel, la valeur de $\rho$ étant donnée par la formule :

$$\rho = \frac{\frac{e}{\varpi} - \frac{V_0^2}{2g}}{\frac{L}{D} \frac{V^2 + V_0^2}{2g}}$$

La moyenne de quarante-cinq expériences a donné pour $\rho$ la valeur 0,0200.

Il ressort de toutes ces expériences qu'au tunnel de Pracchia leur de $\rho$ était très sensiblement égale à 0,02.

tunnel du Saint-Gothard, dont les parois sont moins lisses celles du tunnel de l'Apennin, on a trouvé pour $\rho$ la valeur ›7.

tunnel du Simplon dont les piédroits sont en maçonnerie ıaire, sans préparation de la face apparente des moellons,

Digitized by Google

l'on a trouvé pour ρ la valeur 0,03, résultat des moyennes de quarante expériences.

On a étudié également à Pracchia *la résistance que les trains opposent aux mouvements de l'air* dans le tunnel, et l'on a établi des formules dans lesquelles entraient comme précédemment des coefficients pratiques déterminés par de nombreuses expériences.

Le tableau ci-après résume les résultats de l'application de ces formules à des tunnels de longueurs diverses, les sections des tunnels et des trains étant les mêmes que celles considérées à Pracchia. On s'est borné à calculer la vitesse du courant entraîné par chaque train, dans le cas de l'absence d'aérage naturel, ainsi que la suppression à produire pour annuler le courant. L'appareil Saccardo fonctionne alors comme obturateur pneumatique, c'est-à-dire de manière à éviter toute sortie d'air par la tête du tunnel où se fait l'injection d'air pur.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Longueur du train . . . . . . . . . . . . m | | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Vitesse du train en mètres par seconde. . m | | 10 | 8 | 6 | 4 |
| Surpression à produire pour annuler le courant produit par le train, en millimètres d'eau. . . . . . . . . . . . . . . . . mm | | 47,5 | 43,9 | 32,5 | 17,8 |
| VITESSE DU COURANT PRODUIT PAR LE TRAIN | | | | | |
| Longueur du tunnel. . . . . . . m | 250 | 7,20 | 6,41 | 5,42 | 3,31 |
| — . . . . . . m | 500 | 6,54 | 5,72 | 4,62 | 3,24 |
| — . . . . . . m | 1 000 | 5,77 | 5,08 | 4,06 | 2,90 |
| — . . . . . . m | 2 500 | 4,67 | 4,08 | 3,34 | 2,35 |
| — . . . . . . m | 5 000 | 3,85 | 3,46 | 2,73 | 2,00 |
| — . . . . . . m | 7 500 | 3,41 | 3,09 | 2,52 | 1,78 |
| — . . . . . . m | 10 000 | 3,08 | 2,80 | 2,26 | 1,63 |
| — . . . . . . m | 20 000 | 2,41 | 2,21 | 1,81 | 1,31 |

La vitesse du courant entraîné par un train croît donc très rapidement lorsque décroît la longueur du tunnel, de sorte que les conditions d'aérage d'un tunnel court sont beaucoup plus défavorables que celles d'un tunnel long, toutes choses restant égales d'ailleurs, puisque la vitesse relative des trains par rapport à l'air du tunnel est alors bien plus faible.

Comme la durée de séjour au contact de l'air vicié est plus

Digitized by Google

courte dans les petits tunnels, le personnel en est beaucoup moins affecté, de plus, il est facile dans les tunnels courts d'assurer des conditions de combustion favorables.

Mais l'on s'explique ainsi que certains tunnels soient dangereux pour le personnel de l'exploitation malgré leur faible longueur, lorsque, par suite de circonstances locales, l'aérage naturel s'y effectue dans de mauvaises conditions.

Les résultats du tableau précédent s'appliquent au cas d'un souterrain à voie unique. Par des formules dont les coefficients pratiques ont été établis par analogie avec ceux que l'on avait établi par expérience à Pracchia, on a trouvé que, dans le cas d'un tunnel à double voie de 42,6 m² de section transversale et 6,84 m de diamètre moyen, pour des trains de 100 m de long marchant à une vitesse de 10 m par seconde, la pression nécessaire pour annuler le courant entraîné n'est que de 17,5 mm contre 47,5 mm à Pracchia.

Dans le cas d'un tunnel parcouru simultanément par plusieurs trains de sens différents, l'application des formules générales présenterait quelques difficultés, et M. Champy indique comment on pourrait obtenir plus rapidement par tâtonnements la surpression totale à produire à l'orifice du tunnel pour obtenir une vitesse donnée.

Dans les essais auxquels la Commission italienne a procédé, au tunnel de Pracchia, on a déterminé le rendement mécanique du ventilateur pour des vitesses de rotation variables de 20 à 70 tours. A cet effet on traça tout d'abord, à l'aide d'essais au frein sur l'arbre du ventilateur, et de diagrammes prélevés à l'indicateur sur le cylindre de la locomobile à vapeur, les lignes exprimant, pour chaque vitesse de marche, la relation entre le travail indiqué et le travail effectif. A l'aide de ces données, il était aisé de déduire d'une prise de diagramme le travail effectif fourni pour un travail théorique donné.

Ce travail théorique à développer dans l'unité du temps avait pour expression $\omega VE$, $\omega$ section d'injection de la buse annulaire, V vitesse de l'air injecté, au sortir de cette buse, E pression de l'air en millimètres d'eau.

La quantité E était mesurée directement, et V était calculée par la formule $V = \sqrt{\frac{2g}{\varpi}E}$.

Digitized by Google

On a obtenu ainsi les résultats suivants :

| NOMBRE de TOURS | PRESSION E en millimètres d'eau | DÉBIT du VENTILATEUR | PUISSANCE EFFECTIVE absorbée en chevaux | RENDEMENT MÉCANIQUE |
|---|---|---|---|---|
| 20 | 2,0 | 28,4 | 2,1 | 0,38 |
| 30 | 4,0 | 40,0 | 5,6 | 0,38 |
| 40 | 8,1 | 55,7 | 13,7 | 0,44 |
| 50 | 12,2 | 68,6 | 25,4 | 0,44 |
| 60 | 18,1 | 85,3 | 42,5 | 0,48 |
| 70 | 25,0 | 100,7 | 64,6 | 0,53 |

Mais les coefficients de rendement sont à multiplier par le rendement de l'injecteur proprement dit, pour tenir compte de la perte d'effet utile par suite de la chute de pression et de la diminution brusque de vitesse de l'air à sa sortie de la buse d'injection et dans le tunnel.

Dans le cas où aucun train ne se trouve dans le souterrain, on a établi à Pracchia, par des expériences, que ce rendement de l'injecteur proprement dit était de 0,40 environ, chiffre par lequel les rendements du tableau précédent doivent être multipliés, dans le cas du tunnel vide, ce qui abaisse à 0,21 le rendement d'ensemble de l'installation, pour une vitesse de rotation de 70 tours.

On a observé qu'à cette vitesse de 70 tours, correspondant à un débit de 100 m³ environ, avec une pression de 25 mm d'eau, cette pression suffisait à contrebalancer le courant d'air entraîné par les trains montants dont la vitesse ne dépassait pas 5 m par seconde, mais ne permettait pas d'obtenir un renversement du sens du courant. On a vu que la puissance effective, sur l'axe du ventilateur, est alors de 65 ch environ.

Pour maintenir dans le tunnel de Pracchia l'air suffisamment pur pendant les dix minutes de traversée des trains lourds à deux ou trois locomotives, il suffit de fournir au ventilateur une puissance de 100 à 150 ch suivant que les conditions atmosphériques sont plus ou moins favorables.

L'aération complète du tunnel après le passage des trains se fait en un quart d'heure en marchant à 27 ch effectifs.

La Commission italienne a fait également à Pracchia des essais

Digitized by Google

sur *l'élévation moyenne de température*, due à la circulation dans le tunnel, les températures étant relevées sur la plate-forme des locomotives. Sous réserve du degré d'incertitude que comportent des essais de ce genre, on a trouvé en moyenne, que l'élévation de température était réduite, par la ventilation mécanique, de 12 à 6 degrés.

En ce qui concerne l'état hygrométrique de l'atmosphère du tunnel, on a observé, d'une façon générale, que lorsque le ventilateur ne fonctionnait pas, l'état hygrométrique de l'atmosphère du tunnel pendant le passage des trains était voisin de la saturation. La ventilation abaissait toujours très sensiblement le degré d'humidité de l'atmosphère.

## Tunnel du Saint-Gothard.

Les bons résultats obtenus en 1894 au tunnel de l'Apennin avec le système Saccardo, ont encouragé les Ingénieurs du chemin de fer du Saint-Gothard à tenter de ventiler ce tunnel par le même procédé.

Ces installations ont été créées en 1899, et l'application du système Saccardo pour la ventilation du tunnel du Saint-Gothard a donné des résultats satisfaisants, bien que les conditions dans lesquelles on se trouvait soient complètement différentes de celles du tunnel de l'Apennin.

On sait en effet que le tunnel du Saint-Gothard a une longueur de 14984 m, qu'il est à double voie avec de faibles rampes et un trafic très important.

La section transversale du souterrain est de 42,4 m² et la différence d'altitude des deux têtes n'est que de 36 m. La cote du rail est en effet, du côté Goeschenen, tête nord, 1 109 m du côté Airolo tête sud 1 145 m.

Le tunnel est en ligne droite et sensiblement dans la direction nord-sud. En allant de Goeschenen vers Airolo, la voie monte en rampe de 5,82 mm jusqu'à un palier central qui est à la cote 54, pour redescendre ensuite vers Airolo avec des déclivités maxima de 2 mm par mètre.

Lorsque, vers la fin des travaux d'exécution du tunnel, après rencontre des deux galeries, l'on eût enlevé successivement us les obstacles, saillies de rochers et échafaudages, on consa qu'il s'établissait une ventilation naturelle suffisante, qui

Digitized by Google

persista après l'ouverture du service des trains, et au début de la période d'exploitation.

L'on procéda à cette époque à des observations journalières dont les résultats ont été publiés par M. l'Ingénieur en Chef Bechtle, en mars 1899, dans son mémoire sur « l'Atmosphère du Saint-Gothard de 1883 à 1889 ». M. Bechtle constatait qu'il y a toujours un courant d'air naturel dans le tunnel, et que si le personnel de surveillance et les agents des trains sont plus ou moins importunés par la fumée lorsqu'ils se trouvent temporairement dans le souterrain, ils peuvent cependant accomplir leur service.

Quant aux travaux d'entretien de la voie, on les exécutait de préférence pendant la nuit. D'après l'horaire de l'été 1888, le tunnel était traversé par trente-deux trains en vingt-quatre heures; mais on disposait, pendant la nuit, de deux intervalles sans trains, d'une durée totale d'environ huit heures.

Au début de 1889, les observations quotidiennes furent suspendues; mais par suite de l'accroissement du trafic, il devint bientôt évident que l'aération naturelle était de plus en plus insuffisante.

D'après l'horaire d'été de 1890, le tunnel devait être parcouru pour la première fois de nuit, entre 9 heures du soir et 6 heures du matin, par deux trains facultatifs de marchandises, ce chiffre s'éleva à trois dans l'hiver 1892-93 et à neuf dans l'hiver de 1893-94.

L'augmentation du nombre des trains de nuit rendit très difficile l'exécution des travaux d'entretien, à l'intérieur du souterrain, et malgré les précautions prises pour obtenir une combustion du charbon aussi complète que possible, sur les grilles des locomotives, on devait interrompre fréquemment les travaux de la voie, par suite des fumées épaisses qui s'accumulaient en certains endroits du tunnel.

Pour l'exécution des travaux les plus urgents, il fallut bientôt profiter des jours où régnait un fort courant d'air naturel et suspendre pendant plusieurs nuits la marche des trains facultatifs.

A l'époque de l'inauguration des embranchements du nord de la Compagnie des Chemins de fer du Gothard, l'horaire d'été 1897 comportait, entre Goeschenen et Airolo, dix rapides directs et huit omnibus, seize trains de marchandises réguliers et vingt-sept trains facultatifs, en tout soixante-et-un convois.

Digitized by Google

Le personnel attaché à l'entretien de la voie fit entendre des plaintes qui devinrent de plus en plus fréquentes, et l'on dut réduire le nombre des trains pour que l'atmosphère du tunnel soit de nouveau tolérable.

Cette réduction du nombre des trains, à laquelle il fallut procéder dès le 1er janvier 1898, présentait des inconvénients très sérieux ; aussi la Direction du Chemin de fer du Gothard décida-t-elle, au commencement d'avril 1898, l'exécution immédiate à Goeschenen, d'installations de ventilation mécanique, d'après le système Saccardo.

Dans l'étude du projet, on ne s'attacha pas à calculer, par les formules résultant des expériences de Pracchia, la résistance offerte par les trains au mouvement de l'air et la pression à réaliser pour produire un effet donné avec un convoi déterminé.

Mais comme on avait surtout en vue d'éviter l'accumulation des fumées produites par les trains successifs, et que l'on désirait balayer rapidement, par un courant d'air énergique, les produits de la combustion, on se borna à poser comme condition la réalisation d'un courant d'air d'une vitesse de 3 m par seconde, dans le tunnel supposé libre, en l'absence de tout courant naturel, et l'on admit pour le ventilateur une marche à peu près continue.

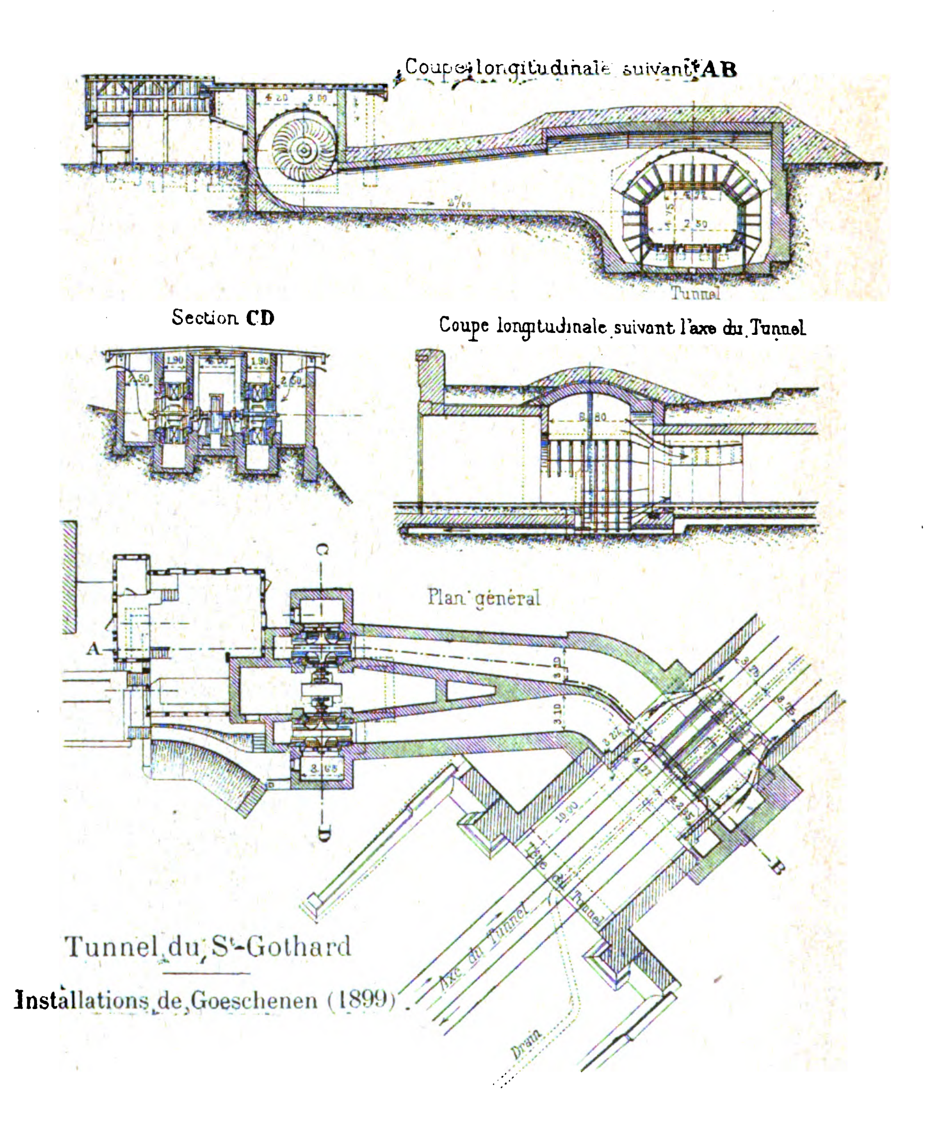
Il en résulte que le courant d'air de la ventilation artificielle produit des effets défavorables pour le personnel des trains circulant dans le même sens, puisqu'il diminue la vitesse relative de l'air du tunnel par rapport à ces trains. Mais ce désavantage est compensé, et au delà, par la pureté de l'atmosphère dans laquelle s'engagent ces convois.

Le chiffre de 3 m que l'on s'était fixé pour la vitesse du courant d'air était réglé par les conditions de séjour du personnel de service dans le tunnel. Une vitesse de 3 à 4 m doit en effet être considérée comme voisine du maximum à ce point de vue. Avec un courant d'air plus violent, on risquerait d'ailleurs d'éteindre les torches.

On a choisi la direction du nord au sud comme sens du courant d'air de la ventilation artificielle, parce que le courant d'air naturel s'établit plus fréquemment dans la direction nord-sud et les installations ont été faites à Goeschenen afin de procéder par refoulement d'air pur dans le souterrain.

On remarquera que c'est dans la partie nord du tunnel que l'atmosphère doit être le plus viciée par le dégagement des gaz

Digitized by Google



Tunnel du St-Gothard

Installations de Goeschenen (1899)

Digitized by Google

de la combustion du charbon sur les grilles des locomotives remorquant les convois, puisque c'est dans la partie nord que règne la rampe maximum de 5,82 mm.

Il semblerait donc qu'il aurait été préférable de refouler l'air pur dans la direction du sud au nord, mais les avantages signalés en faveur de la direction nord-sud l'emportent de beaucoup sur ce léger inconvénient. Nous verrons, en effet, combien il est nécessaire, pour réduire la puissance dépensée, de faire en sorte que le courant d'air de la ventilation naturelle vienne ajouter ses effets à ceux de la ventilation mécanique, et qu'il ne soit de sens contraire que dans des circonstances exceptionnelles.

Les installations de ventilation du tunnel du Saint-Gothard sont analogues à celles de Pracchia. Mais on a deux ventilateurs câlés sur le même arbre et dont les canaux diffuseurs, distincts, viennent aboutir en arrière de la tête du tunnel à une même chambre annulaire prolongée par la buse d'injection d'air pur.

Les ventilateurs sont du type Ser ; ils ont un diamètre de 5 m, avec des aubes de 0,40 m de largeur. Le diamètre de l'arbre est de 180 mm. Les ventilateurs tournent dans des chambres en maçonnerie. L'air y pénètre par deux ouïes de 2 m de diamètre, entourées d'une garniture en pierres artificielles qui encadre exactement les aubes.

Les canaux diffuseurs sont voûtés, leurs parois sont construites en maçonnerie de moellons recouverte d'un enduit lisse en mortier de ciment.

On a augmenté la section d'entrée du tunnel sur 10 m de longueur, jusqu'à la chambre annulaire qui a 6,80 m de longueur, suivant l'axe du souterrain, et qui est ménagée dans une partie où l'on a donné une surhauteur à la voûte et augmenté la distance des piédroits maçonnés. La paroi intérieure de cette chambre est constituée par une tôle de 5 mm d'épaisseur raidie par des armatures.

Cette paroi en tôle est prolongée vers l'arrière, par une surface conique formant la paroi intérieure de la buse d'injection d'air. La paroi extérieure de la buse est formée par une autre tôle tronconique disposée tout autour, à une distance graduellement décroissante, et qui se prolonge sur 6 m de longueur au delà de la section de sortie de la buse d'injection, par une partie cylindrique au gabarit de passage des convois.

L'angle que forme l'axe moyen de la buse d'injection d'air

Digitized by Google

avec l'axe du tunnel est de 30 degrés et sa section de sortie est de 11,4 m². Elle règne sur toute la périphérie de la section du tunnel.

Dans la partie de la chambre qui se trouve sous les rails ceux-ci sont soutenus par des poutres métalliques, sur une longueur de 6,45 m.

La commande des ventilateurs était effectuée par une locomobile à vapeur, dans l'installation primitive de 1899.

Cette locomobile était placée sous un hangar provisoire édifié au nord du bâtiment des ventilateurs. Sur l'arbre de la locomobile se trouvait une poulie à gorges qui commandait, par câbles, une poulie semblable calée sur l'arbre des ventilateurs, et placée entre les deux ventilateurs. La transmission se faisait par dix cordes de chanvre s'enroulant sur ces deux poulies à gorges de 3m de diamètre.

Les appareils ont été mis en marche le 16 mars 1899, les ventilateurs tournant à 70 tours par minute. Un courant d'air modéré venant du sud, qui régnait alors dans le tunnel, fut immédiatement transformé en un courant nord-sud d'une vitesse de 2 m.

On a procédé ensuite à des observations simultanées de la vitesse de l'air en deux points du tunnel situés à 500 m des têtes. Les résultats de ces observations ont été représentés graphiquement par des courbes, les heures d'observations étant portées en abscisses et les vitesses de l'air en ordonnées. Les vitesses du courant nord-sud ont été portées en ordonnées au-dessus de l'axe des abscisses, celles du courant sud-nord ont été portées en dessous. On a indiqué également sur ces graphiques les heures de travail des ventilateurs et leur vitesse de rotation, et les vitesses du courant d'air naturel lorsque les ventilateurs cessent de fonctionner. Enfin, on a figuré les trains circulant dans le tunnel et le sens de marche de ces trains.

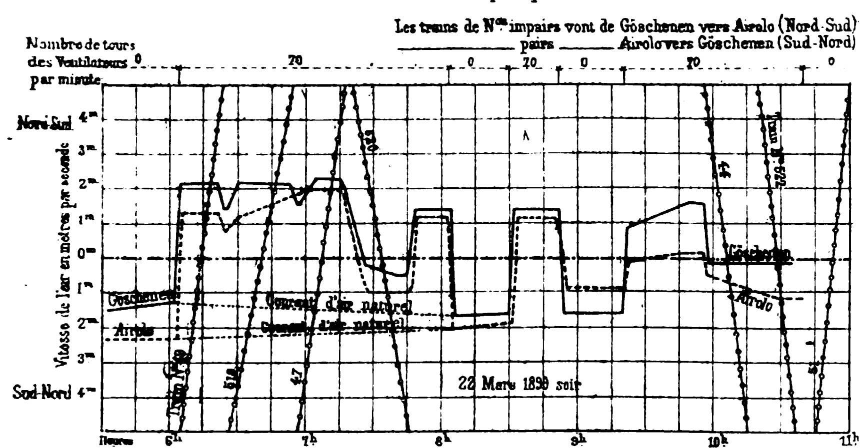
On voit que, le 22 mars, les ventilateurs tournant à 70 tours par minute ont transformé un courant naturel sud-nord d'une vitesse de 2 m en un courant nord-sud d'une vitesse de 1,30 m à ce moment il n'y avait pas de convois dans le tunnel.

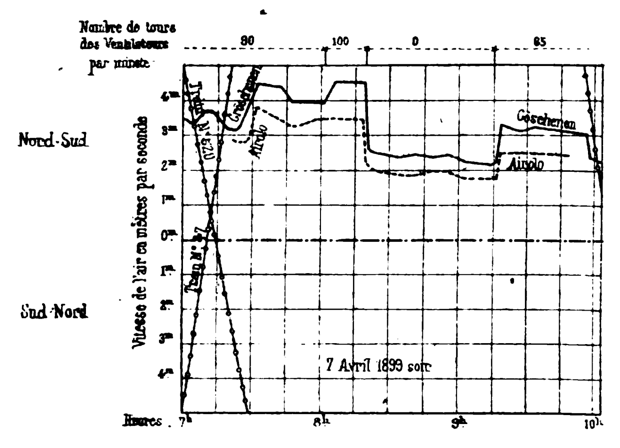
Le 7 avril, un courant naturel nord-sud de 2 m fut porté à 2,80 m environ avec 65 tours des ventilateurs, et à 4 m avec 100 tours.

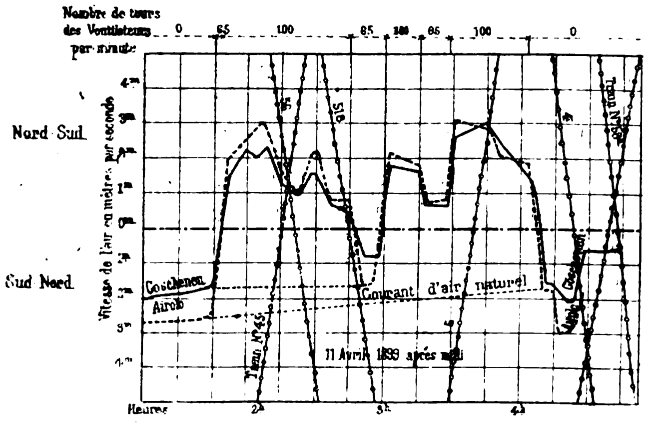
Le 11 avril, un courant naturel sud-nord de 2 m a été transformé en un courant nord-sud de 0,75 m avec 65 tours et 1,90 m à 100 tours; le tunnel n'était parcouru par aucun convoi.

Digitized by Google

# Tunnel du S^t-Gothard. — Graphiques de la vitesse de l'air




Digitized by Google

On voit aussi que l'influence des trains se traduit, d'une manière générale, par une augmentation de la vitesse du courant artificiel nord-sud pour les trains impairs circulant dans cette même direction, par une diminution de cette vitesse pouvant aller jusqu'au renversement de sens du courant, pour les trains allant du sud au nord, si le courant naturel est déjà du même sens sud-nord, c'est-à-dire en sens inverse de la ventilation artificielle. La présence simultanée de deux trains circulant en sens inverse dans le tunnel a pour effet de diminuer dans tous les cas la vitesse du courant d'air, quel que soit son sens primitif, ce qui est naturel puisque leurs effets s'annulent en ce qui concerne les entraînements d'air, mais que leur présence simultanée contrarie le passage de l'air dans le tunnel.

On n'a pas pu faire à cette époque de mesures précises de la puissance dépensée aux diverses vitesses de marche des ventilateurs, parce que la locomobile à vapeur ne pouvait pas fournir d'une façon continue la puissance nécessaire pour un nombre de tours des ventilateurs supérieur à 90 par minute.

Mais on a procédé à des essais plus complets, en 1901, lorsque l'installation primitive a été transformée, et que l'on a remplacé la locomobile à vapeur par une turbine hydraulique.

Nous donnerons ci-après quelques renseignements sur cette nouvelle installation et sur ces essais, d'après les données qui nous ont été fournies par la Direction des chemins de fer du Saint-Gothard.

Dans la nouvelle installation, la commande des ventilateurs s'effectue par une turbine hydraulique d'une force maxima de 800 ch montée directement sur l'arbre des ventilateurs, à l'emplacement occupé par l'ancienne poulie de commande à câbles.

La conduite forcée amenant l'eau à la turbine est alimentée par une dérivation des eaux de la Reuss. Comme l'installation se trouve à la place même où était l'installation hydraulique de l'entreprise Favre, pendant la construction du tunnel, on a pu utiliser une partie de cette ancienne installation. Cependant il a fallu construire 700 m de conduite neuve, en tôles rivées. Le diamètre de cette conduite est de 800 mm avec des épaisseurs de 5,6 et 7 mm. La hauteur de chute utilisable est de 89,20 m avec un débit minimum de 0,900 m$^3$ par seconde.

Le coût de l'installation est de 229 000 f.

Le tableau suivant donne le résultat de quelques essais effectués avec cette nouvelle installation.

Digitized by Google

| DATES 1901 | HEURES | NOMBRE de tours du ventilateur | DIRECTION du courant d'air | PORTAIL NORD Vitesse du courant d'air | | PORTAIL SUD Vitesse du courant d'air | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | avec ventilateurs | sans ventilateurs | avec ventilateurs | sans ventilateurs |
| Octobre 18 | 8 h. 50 soir | 120 | N.-S. | 3,48 m | » | 3,16 m | » |
| | 9 h. 30 » | » | S.-N. | » | 1,44 m | » | 1,60 m |
| Octobre 22 | 8 h. » | 115 | N.-S. | 4,02 m | » | 4,28 m | » |
| | 8 h. 10 » | » | N.-S. | » | 1,04 m | » | faible |
| Novembre 4 | 8 h. » | 90 | N.-S. | 2,60 m | » | 2,24 m | » |
| | 8 h. 15 » | » | S.-N. | » | 1,58 m | » | 1,73 m |
| Novembre 5 | 7 h. 45 » | 90 | N.-S. | 3,45 m | » | 3,06 m | » |
| | 8 h. » | » | N.-S. | » | 1,21 m | » | 0,81 m |

Les puissances développées par la turbine, aux diverses vitesses de marche des ventilateurs, sont indiquées ci-après :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre de tours par minute . . . | 70 | 100 | 130 |
| Puissance en chevaux . . . . . . | 100 | 370 | 800 |

La vitesse de rotation ne s'élève pas, en général, à plus de 100 tours par minute, mais on voit combien la puissance dépensée augmente lorsque la ventilation naturelle agit en sens inverse de la ventilation artificielle.

Avec l'installation actuelle on arrive donc à inverser un courant d'air naturel sud-nord d'environ 1,50 m de vitesse, et à le transformer en un courant nord-sud de près de 3,50 m à la tête nord, côté Gœschenen, et de plus de 3 m à la tête sud, côté Airolo, avec une vitesse de rotation de 120 tours.

## Tunnels de Giovi et de Ronco.

Le développement du port de Gênes a provoqué un accroissement rapide du trafic sur les voies ferrées qui le relient aux grandes villes du Piémont et de la Lombardie.

La ligne principale de Gênes à Novi, avec bifurcation à Novi, ers Alexandrie et Turin, ou vers Milan et la Lombardie, se déche tout près de Gênes, à Sampierdarena, de la ligne qui suit côte de la Méditerranée.

C'est par cette ligne de Gênes à Novi que sont dirigés vers le ord 79 0/0 des wagons chargés dans le port de Gênes.



Digitized by Google

Comme la chaîne des Alpes liguriennes est voisine de la mer, la voie doit atteindre le col de Giovi par de fortes rampes : aussi, de Sampierdarena à Ronco, l'ancienne ligne de Giovi a-t-elle été doublée, en 1889, par une nouvelle ligne appelée succursale de Giovi.

Avec d'aussi fortes rampes, la ligne primitive n'avait plus une capacité de transport suffisante.

L'une et l'autre franchissent le col de Giovi en tunnels, et ces deux souterrains sont ventilés mécaniquement.

Sur la ligne ancienne de Giovi, la voie présente les rampes suivantes :

| | | km | Rampes atteignant — mm |
|---|---|---|---|
| De Sampierdarena à Pontedecimo, | sur une longueur de | 9,5 | 13 |
| De Pontedecimo à Piano Orizzontale, | — | 4,4 | 21 à 35 |
| De Piano Orizzontale à Montanesi, | — | 2,0 | 35 |
| De Montanesi à Busalla, | — | 4,0 | 30 |
| De Busalla à Ronco, | — | 5,2 | 5 à 8 |
| | Longueur totale. . | 25,1 | |

C'est dans la section de Montanesi à Busalla que se trouve le tunnel, dit de Giovi, long de 3 258 m.

Cette ligne à double voie a été construite à une époque où le percement de longs tunnels présentait de grandes difficultés, et elle a été étudiée pour réduire le plus possible la longueur du souterrain sous le col de Giovi en s'élevant rapidement sur un faible parcours où l'on aurait adopté la traction funiculaire.

C'est pour cette raison que, vers le milieu de la rampe, on avait réservé une petite longueur en palier, à la halte actuelle de Piano Orizzontale.

Ce programme fut abandonné avant d'avoir été mis à exécution, dès que l'on reconnut que les locomotives pouvaient gravir la rampe de Pontedecimo à Busalla.

Pour l'exploitation de cette partie de la ligne, on construisit ensuite de puissantes machines, dénommées « mastodontes » de Giovi, et qui ont suffi pendant de longues années à assurer tous les mouvements des convois du port de Gênes vers le nord, en employant à la montée la triple traction pour les trains de marchandises et la double traction pour les trains de voyageurs.

*La ligne succursale de Giovi*, ouverte à l'exploitation en juin

Digitized by Google

1899, va de Sampierdarena à Ronco avec un développement de 24,5 km. Elle est à double voie, avec une rampe de 16 mm sur une longueur de 16 km, suivie d'une rampe de 12 mm dans sa dernière section qui comprend le grand tunnel de Ronco, de 8 301 m de longueur.

Sur cette ligne, on emploie la simple ou double traction pour les trains de voyageurs et la double traction pour les trains de marchandises.

L'accroissement rapide du nombre des trains circulant sur les deux lignes de Giovi rendait l'atmosphère des tunnels de Giovi et de Ronco de plus en plus dangereuse pour le personnel des trains, et l'on avait eu de nombreux cas d'asphyxie avant l'adoption de la ventilation mécanique.

C'est au tunnel de Giovi qu'on a eu à déplorer le grave accident du 11 août 1898.

Un train montant de marchandises, remorqué par trois locomotives, une en tête et deux en queue du convoi, avait pénétré dans le tunnel. Les mécaniciens, gravement incommodés, ne purent pousser suffisamment les feux, la vitesse du convoi se ralentit et il s'arrêta, alors que la locomotive de tête venait à peine de dépasser le portail nord du souterrain. Le mécanicien tomba de sa machine ou la quitta, tandis qu'à l'arrière du train les deux autres mécaniciens étaient asphyxiés sur la plate-forme de leur machine. Aussi le convoi commença-t-il à rétrograder, avec une vitesse graduellement croissante, le long de la forte rampe qu'il avait gravie, et il redescendit à toute vitesse jusqu'à la station de Piano Orizzontale où il tamponna un train de voyageurs qui s'y trouvait arrêté. Indépendamment des deux mécaciens tués, il y eut une dizaine de morts et de nombreux blessés.

A la suite de cet accident, on décida d'appliquer le système Saccardo à la ventilation du tunnel de Giovi et du tunnel de Ronco.

La station de ventilation mécanique du tunnel de Giovi a été mise en marche le 17 juillet 1899, les installations du tunnel de Ronco le 17 juillet 1900.

La ventilation mécanique a permis d'avoir une atmosphère suffisamment pure dans ces souterrains, tout en augmentant le nombre des convois.

Il a même été possible d'installer un poste de bloc-système vers le milieu du grand tunnel de Ronco, dont la longueur dépasse 8 km.

Digitized by Google

Les signaux du poste central de bloc sont visibles depuis la cabine où le personnel de service séjourne et d'où il peut sortir sans danger.

On est arrivé à ce résultat remarquable par l'utilisation rationnelle de galeries transversales existant antérieurement. La ligne succursale de Giovi a été ainsi divisée en section de bloc-système de 4 km environ de longueur.

Nous lisons, dans une notice sur le mouvement du port de Gênes (1), que, dans l'hiver 1902, pendant une période de travail normal du port, la ligne succursale des Giovi a été parcourue en moyenne par 34 trains de marchandises par jour, à double traction avec 24 à 25 wagons chacun, et par 10 trains de voyageurs.

La ligne ancienne de Giovi a été parcourue en moyenne par 18 trains de marchandises en triple traction de 16 à 17 wagons chacun, et par 12 trains de voyageurs.

Et l'on estimait qu'avec la division du tunnel de Ronco en deux sections, le nombre des trains montants de marchandises pourrait s'élever à 51 sur la ligne succursale, tandis que sur la ligne ancienne la division en trois sections du tronçon Pontedecimo Busalla permettrait un mouvement de 30 trains de marchandises.

Avec cette organisation, la capacité de transport de l'ensemble des deux lignes serait en moyenne la suivante pour les trains montants :

| | Trains de voyageurs | Trains de march. | Nombre de wagons de march. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Succursale de Giovi . . . . | 10 | 51 | 1 250 |
| Ligne ancienne de Giovi. . . | 12 | 30 | 495 |
| | 22 | 81 | 1 745 |

Mais elle pourrait encore être augmentée en utilisant l'ancienne ligne pour les trains montants de voyageurs, la ligne succursale étant réservée aux trains montants de marchandises.

Dans ces conditions, avec les nouvelles machines permettant la composition de trains de marchandises de 27 wagons, la capacité de transport de la ligne s'élèverait finalement à 2 052 wagons montants de marchandises par jour.

(1) Gli impianti e l'esercizio del Porto di Genova. Roma 1902.

Digitized by Google

Ces prévisions donnent une importance toute particulière à la question de la ventilation des tunnels de Giovi et de Ronco : actuellement, il circule en moyenne 70 trains par jour dans le tunnel de Giovi, soit 33 trains montants et 37 descendants. Au tunnel de Ronco, le trafic journalier moyen est de 105 convois, dont 55 trains montants et 50 descendants, pour une durée de service de 19 heures sur 24, pendant lesquelles la ventilation mécanique fonctionne constamment.

*Installation de ventilation mécanique du tunnel de Giovi.* — Nous avons vu que ce souterrain, sur l'ancienne ligne de Giovi, a 3 258 m de longueur. Il est à double voie et en rampe de 30 mm par mètre. Il se trouve compris entre les stations de Montanesi et de Busalla.

L'installation de ventilation mécanique, système Saccardo, a été faite près de la tête nord, côté Busalla, qui est la plus élevée, la buse d'injection d'air est disposée immédiatement en arrière de l'entrée du souterrain et de manière à injecter l'air pur dans la direction de l'extrémité opposée, c'est-à-dire en sens inverse des trains montants. Les dispositions générales de l'installation sont celles que l'on rencontre le plus ordinairement dans les stations de ventilation mécanique du système Saccardo.

Les deux ventilateurs, calés sur le même arbre, ont 5 m de diamètre et 1,80 m de largeur. La vitesse de rotation maximum est de 66 tours, correspondant à 100 tours du moteur qui les actionne par courroies, la poulie de commande étant calée sur l'arbre entre les deux ventilateurs. Cette machine à vapeur horizontale à deux cylindres compound a une puissance de 120 ch effectifs à 100 tours.

La vapeur est fournie par trois chaudières, type Cornouailles, dont une de réserve, à la pression de 10 k par cm².

Cette installation est capable de produire dans le tunnel un courant d'air artificiel d'une vitesse de 2,80 m par seconde (1).

*Installation de ventilation mécanique du tunnel de Ronco.* — Le tunnel de Ronco, sur la ligne succursale de Giovi, a 8 301 m de longueur, en rampe de 12 mm par mètre. Ce souterrain à deux voies est

(1) Dans sa communication sur la traction électrique appliquée aux chemins de fer, M. Mazen indique que la traction à vapeur va être remplacée par la traction électrique dans le tunnel de Giovi (Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France, décembre 1906). Cette solution est tout à fait rationnelle, pour un souterrain à grand trafic, avec une aussi forte rampe, et l'atmosphère du tunnel s'en trouvera améliorée.

Digitized by Google

compris entre les stations de Mignanego, au sud, et de Ronco, au nord. La durée de traversée du tunnel est de quinze minutes environ pour les trains de voyageurs et de vingt-et-une minutes pour les trains de marchandises.

Il existe plusieurs puits verticaux et deux galeries transversales, qui ont été exécutées pour faciliter les travaux du tunnel.

Quatre de ces puits permettent de faire communiquer les souterrains avec l'extérieur, mais cela ne se fait qu'exceptionnellement.

Quatre ouvertures rectangulaires, masquées par des volets, et de 1 m² de surface chacune, ont été ménagées dans les maçonneries de fermeture de chacun de ces puits, ce qui permet de les mettre éventuellement en communication avec l'extérieur par une section variable de 1 à 4 m².

Dans les conditions normales de marche des installations de ventilation mécanique, tous les puits verticaux sont fermés.

Les deux galeries transversales inclinées, dites fenêtres de Busalla, sont normales à l'axe du souterrain. Elles ont chacune une longueur de 250 m environ. leur orifice supérieur est à une altitude de 90 m au-dessus du tunnel. Ces deux galeries parallèles, distantes de 15 m l'une de l'autre, débouche dans le voisinage de la route Nationale de Giovi, près de la station de Busalla de la ligne ancienne de Giovi.

Ces galeries maçonnées sont voûtées, leur section circulaire, d'un diamètre de 4 m environ, est limitée à sa partie inférieure par un radier en escalier permettant un accès facile de l'extérieur jusqu'au tunnel de Ronco.

La cabine du poste de bloc se trouve presque en face du débouché des galeries dans le souterrain, et contre la paroi opposée.

La fenêtre de Busalla n° 2 est à une distance de 4 360 m de l'entrée sud du tunnel, côté Mignanego, et à 3 941 m de l'entrée nord, côté Ronco.

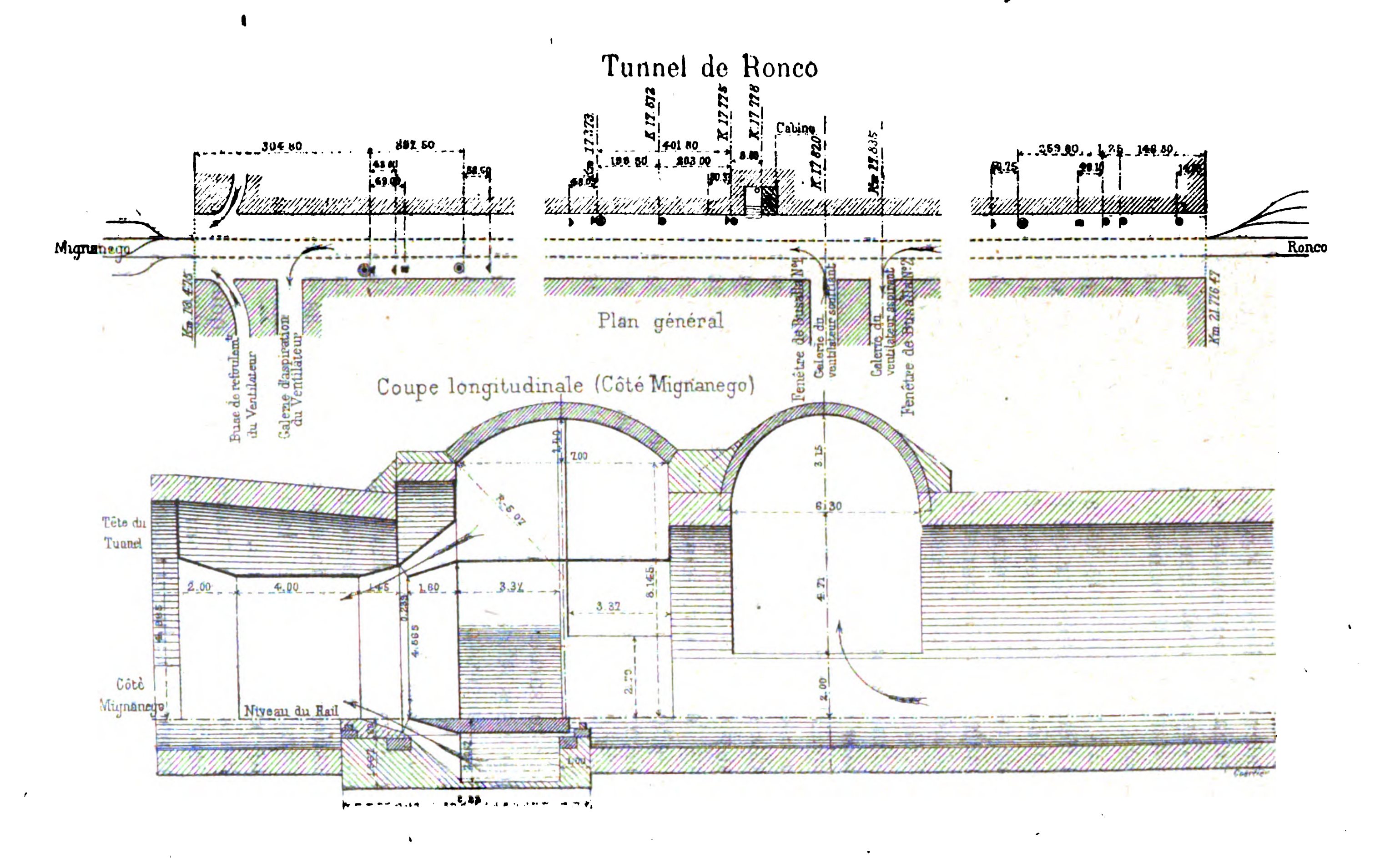
La fenêtre n° 1 est à 15 m de la fenêtre n° 2, du côté sud, et la cabine du poste de bloc en est à 57 m.

Les distances des différents signaux à la cabine et aux têtes du tunnel sont indiquées sur le plan général du tunnel.

Il y a deux installations de ventilation mécanique pour assurer l'aérage du tunnel de Ronco.

L'une se trouve située dans le voisinage du débouché extérieur

Digitized by Google




Digitized by Google

des fenêtres de Busalla. Elle comprend deux ventilateurs, un ventilateur aspirant à l'extrémité de la fenêtre nº 2, un ventilateur soufflant à l'extrémité de la fenêtre nº 1.

L'autre installation se trouve à l'entrée sud du tunnel, près de la station de Mignanego. Elle comprend deux ventilateurs aspirants.

Au point de vue de la ventilation, le tunnel se trouve divisé en deux parties par les fenêtres de Busalla.

Dans la partie nord, côté Ronco, le ventilateur aspirant de la fenêtre nº 2 provoque un courant d'air descendant, l'air pur pénètre dans le tunnel par l'entrée nord et l'air vicié aspiré par la fenêtre nº 2 est rejeté au dehors par le ventilateur, qui refoule cet air vicié dans une vaste cheminée.

Dans la partie sud du tunnel, l'air pur refoulé par le ventilateur de la fenêtre nº 1 pénètre dans le souterrain et il se dirige dans la direction sud, vers laquelle il se trouve également aspiré par les ventilateurs de l'installation de Mignanego.

Ces derniers aspirent l'air vicié par une galerie qui débouche dans le tunnel, à 22 m en arrière de la tête sud, et ils le refoulent dans la chambre annulaire disposée immédiatement en arrière de la tête du tunnel, d'où il s'échappe vers l'extérieur par la buse tronconique de l'appareil Saccardo, disposée ici en sens inverse de la direction ordinaire, c'est-à-dire orientée pour rejeter l'air à l'extérieur.

Cette sortie de l'air vicié par la buse de l'appareil Saccardo ajoute ses effets à l'aspiration directe des ventilateurs de Mignanego, en provoquant par entraînement un courant d'air descendant dans la moitié sud du tunnel.

On voit, en outre, que l'injection d'air pur par la fenêtre nº 1 de Busalla a pour effet d'empêcher la viciation de l'atmosphère dans le voisinage immédiat de la cabine du poste de bloc et d'assurer la visibilité des signaux. En cas d'avaries des ventilateurs, le personnel de service peut gagner facilement l'extérieur par cette galerie.

Son extrémité supérieure demeure toujours libre, car le ventilateur refoule l'air pur par un canal diffuseur qui débouche dans une chambre annulaire ménagée dans les parois, tout autour de la tête maçonnée de cette galerie. La paroi interne de cette chambre est en tôle, elle débouche dans la galerie par une buse tronconique d'injection d'air. Ce dispositif est en somme analogue à l'appareil Saccardo du type ordinaire.

Digitized by Google

Les deux ventilateurs des fenêtres de Busalla sont montés sur des arbres différents et commandés par des machines à vapeur distinctes.

Le ventilateur aspirant de la fenêtre n° 2 a 5 m de diamètre. Il est actionné directement par une machine de Wolf à double expansion capable de développer une puissance de 80 ch effectifs à la vitesse maximum de 82 tours, avec de la vapeur à 8 kg de pression initiale.

Le ventilateur soufflant de la fenêtre n° 1 de Busalla a 3,50 m de diamètre. Il est actionné par une machine motrice à un cylindre d'une puissance maximum de 50 ch effectifs à 105 tours.

Les deux ventilateurs de la station de ventilation de Mignanego sont semblables. Ils sont montés sur le même arbre qui est commandé directement par une machine à vapeur Wolf, à double expansion, d'une puissance maximum de 550 ch environ, à la vitesse de 105 à 110 tours par minute, la pression initiale de la vapeur étant de 10 kg par centimètre carré.

Les deux ventilateurs ont 5,25 m de diamètre. Ils aspirent l'air vicié par leurs ouïes dans une chambre maçonnée qui communique avec le tunnel. Ils le refoulent par leur circonférence dans des canaux diffuseurs distincts qui se réunissent avant d'aboutir à la chambre annulaire, ménagée dans les parois, en arrière de la tête du tunnel, et d'où cet air s'échappe vers l'extérieur, par la buse de l'appareil Saccardo.

Le poste de bloc du milieu du tunnel est relié par communication téléphonique avec la station de ventilation mécanique des fenêtres de Busalla, cette station de ventilation est reliée à la station voisine de Busalla de la ligne ancienne de Giovi, le poste de bloc de Mignanego est relié avec la station de ventilation de Mignanego, enfin les postes de bloc sont également reliés entre eux

On règle ainsi, le régime de marche des ventilateurs, d'après les exigences du trafic et les conditions atmosphériques.

La vitesse du courant d'air dans le tunnel est considérée comme normale, lorsqu'elle est comprise entre 1,50 m et 3 m. Une vitesse inférieure à 1,50 m est insuffisante ; une vitesse supérieure à 3 m est considérée comme excessive.

Des instructions détaillées réglementent les mesures à prendre suivant les diverses circonstances qui peuvent se produire en cours d'exploitation.

Digitized by Google

## Tunnel de Sella.

Les installations de ventilation mécanique du tunnel de Sella, sur la ligne de Savine à Bra, datent également de 1901.

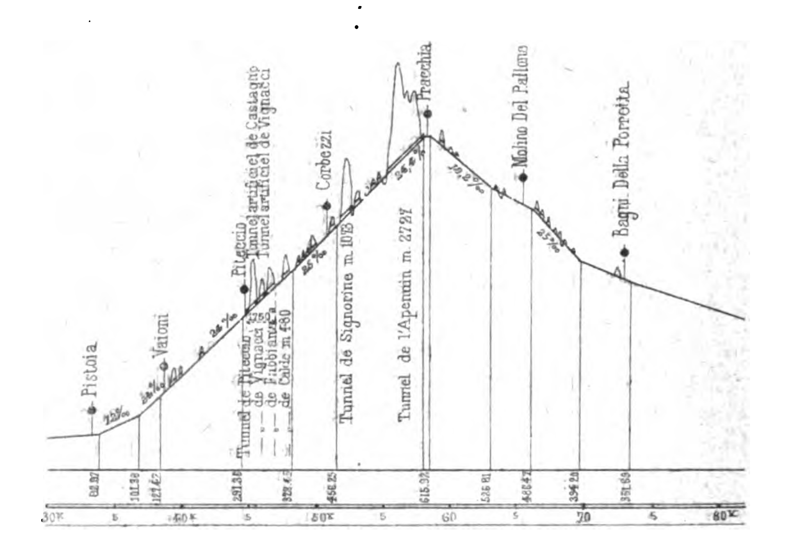
Ce souterrain à voie unique, de 2 310 m de longueur, est en rampe de 23 mm.

L'appareil Saccardo a été disposé à la tête Nord du tunnel, qui est la plus élevée, de manière à insuffler l'air en sens inverse des trains montants. Cette installation est tout à fait analogue, dans son ensemble, à celle du tunnel de Pracchia.

Le ventilateur Ser a 5 m de diamètre; il est commandé directement par une machine horizontale d'une puissance maximum de 120 ch.

## Tunnels de Signorino et de Piteocio.

Ces deux tunnels sont voisins de celui de Pracchia, sur la même ligne de Bologne à Pistoïe. Le profil en long de cette partie de la ligne est représenté ci-après.




Leurs installations de ventilation mécanique ont été faites en 1901, en même temps que l'on exécutait l'installation définitive du tunnel de Pracchia.

Digitized by Google

La station de ventilation la plus rapprochée de Pracchia est celle du *tunnel de Signorino*, de 1 073 m de longueur ; elle est à l'extrémité la plus élevée du tunnel et l'air pur est insufflé dans le souterrain en sens inverse des trains montants. Cette station de ventilation est peu importante, puisque le ventilateur à ailettes hélicoïdales est actionné par une courroie au moyen d'une machine à vapeur demi-fixe Wolf, dont la puissance est de 55 ch indiqués pour une vitesse de rotation de 80 tours au ventilateur.

Les appareils ne sont mis en marche que lorsque l'intensité du trafic l'exige.

Le *tunnel de Piteccio* a maintenant une longueur totale de 1 773 m. Avant qu'il fût ventilé, il était divisé en trois parties par les deux tranchées de Vignacci et de Castagno. Cependant, il était plus dangereux que le tunnel de Pracchia, bien qu'il fût moins long. Lorsque l'on a créé l'installation de ventilation mécanique, on a relié les trois parties du souterrain par deux tunnels artificiels en ciment armé.

Par suite des circonstances locales, la station de ventilation mécanique a dû être installée à l'extrémité inférieure du souterrain, à côté de la station de Piteccio. L'air du tunnel aspiré au moyen du ventilateur, par une galerie débouchant en arrière de la tête du tunnel, est ensuite refoulé par la buse annulaire disposée pour souffler vers l'extérieur. On provoque ainsi un courant d'air descendant, d'un bout à l'autre du souterrain. L'expérience a montré qu'il est avantageux d'opérer ainsi pour diminuer la puissance dépensée. Elle est alors sensiblement la même qu'avec l'appareil Saccardo fonctionnant par refoulement.

Les dimensions de la buse annulaire d'injection d'air ont été fixées expérimentalement. Pour le moteur à vapeur et le ventilateur, l'installation est analogue à celle de Pracchia.

La vitesse normale de rotation du ventilateur est de 80 tours correspondant à une puissance de 107 ch indiqués ; à la vitesse maxima de 100 tours, la puissance du moteur s'élève à 215 ch indiqués.

Le ventilateur est mis en marche quelques minutes avant l'entrée d'un train montant, dans le tunnel, ce qui détermine un courant d'air descendant.

Lorsque le train pénètre par l'orifice inférieur du souterrain, on observe que le courant d'air est tout d'abord annulé. Il n'y a donc pas de courant d'air entraîné par le train.

Digitized by Google

Mais peu à peu l'équilibre est rompu et le courant d'air commence à suivre le train mais à une vitesse bien plus lente, qui ne dépasse jamais 1,50 m.

Le train sort du tunnel neuf minutes environ après son entrée. Dès qu'il a dépassé complètement l'extrémité supérieure du souterrain, le courant d'air descendant se rétablit et atteint sa vitesse normale de 3 à 4 m par seconde.

On arrête le ventilateur au bout de huit à neuf minutes, lorsque le courant d'air a balayé complètement les fumées et les produits de la combustion.

Les stations de ventilation mécanique de Pracchia, Signorino et Piteccio sont munies d'appareils enregistreurs et d'appareils de mesure donnant les vitesses de rotation et les puissances développées, la direction et la vitesse des courants d'air dans les tunnels. Les diagrammes journaliers relevés sont contrôlés de manière à s'assurer du fonctionnement judicieux des installations de ventilation de ces trois souterrains.

## Tunnel de l'Albespeyre.

Le tunnel de l'Albespeyre est au kilomètre 620 de la ligne de Paris à Nîmes. C'est en cet endroit que le chemin de fer franchit le faîte de partage des eaux entre la Méditerranée et l'Atlantique.

Le tunnel a 1 503 m de longueur, avec une rampe moyenne de près de 25 mm par mètre. Il est à voie unique, la section transversale est de 24 m².

Dans toute cette région le terrain est très accidenté, entre Langogne et Alais sur une longueur d'environ 100 km la ligne traverse 72 tunnels.

Parcouru par des trains lourds assez nombreux, le tunnel de l'Albespeyre se ventilait mal. L'aération naturelle, souvent contrariée par des vents violents, était insuffisante; trois puits percés pour la construction, d'un mètre carré de section, et profonds respectivement de 60, 120 et 150 m, n'avait qu'une influence négligeable.

Ce tunnel en forte rampe se trouvait donc dans de très mauvaises conditions, au point de vue de la ventilation, malgré s faible longueur, et il en était résulté à diverses reprises des acci dents assez graves.

Afin d'améliorer les conditions de respirabilité de l'atmosphèr

Digitized by Google

du souterrain, on avait dû renoncer à la double traction avec machine de renfort à l'arrière, et dédoubler les trains, mais l'atmosphère restait parfois viciée pendant 40 minutes après le passage des convois.

Aussi la Compagnie des Chemins de fer de P.-L.-M. a-t-elle appliqué, en 1901, le système Saccardo, pour la ventilation du tunnel de l'Albespeyre.

La station de ventilation mécanique se trouve à la tête nord du tunnel, côté de la station de Prévenchères, qui est l'extrémité la plus élevée du souterrain. L'air pur est injecté en sens inverse des trains montants. Ces derniers sont annoncés de la station de Villefort, la plus voisine de la tête sud.

La section du tunnel est sensiblement celle de Pracchia, mais la buse annulaire d'injection d'air a une section de sortie plus forte, puisqu'elle est de 5,9 m² au lieu de 4,9 m² à Pracchia.

La machine à vapeur de commande monocylindrique du type Corliss, a été construite par la maison Garnier et Faure Beaulieu. Sa puissance est de 150 ch à la vitesse de 95 tours par minute. Elle actionne, par courroies, un ventilateur Farcot de 6 m de diamètre sur 2,50 m de largeur. Ce ventilateur est du type dit à réaction, l'extrémité des aubes étant recourbée en sens inverse du mouvement de rotation.

Il se compose de deux parties semblables montées sur le même arbre et accolées l'une à l'autre. Chaque partie est montée sur un croisillon en fonte calé sur l'arbre du ventilateur et supportant le plateau en tôle auquel sont rivées les aubes.

La circonférence comporte ainsi 32 aubes divisées en quatre compartiments dans le sens de la longueur du ventilateur par les cloisons verticales annulaires des plateaux intermédiaires latéraux en tôle auxquels les aubes sont rivées. L'arbre du ventilateur tourne dans les paliers de deux chaises en demi couronnes.

Le poids total du ventilateur et de son arbre est de 10 t.

L'entrée d'air se fait par le centre, les œillards ont 3,60 m de diamètre ; cet air est refoulé par la circonférence dans une enveloppe spiroïdale de 3 m de largeur dont la partie supérieure en tôle et la partie inférieure en maçonnerie.

L'air s'écoule vers le tunnel par une galerie maçonnée dont section croît de 9 à 21 m² et qui aboutit à la chambre annure prolongée par la buse d'injection d'air.

Le ventilateur a été construit pour débiter 120 m³ par seconde,

Digitized by Google

le débit maximum pouvant atteindre 150m³, suivant les besoins du service.

Le débit de 120 m³ correspond à une vitesse de rotation de 101 tours du ventilateur, soit à 79 tours du moteur, celui de 150 m³ à 122 tours du ventilateur, soit 95 tours du moteur.

A ce régime de marche la vitesse moyenne du courant d'air du tunnel atteint 7,50 m par seconde, s'il n'y a aucun train à l'intérieur du souterrain, et l'on observe alors, qu'il y a une légère aspiration d'air, par entraînement, à la tête nord, ce qui porte le volume d'air total circulant dans le tunnel à 185 m³ environ.

Si le tunnel est parcouru par un train montant d'une vitesse de 25 à 30 km à l'heure, soit 7 à 8 m par seconde, le courant se trouve à peu pres arrêté par le train, et il y a refoulement d'air par la tête nord.

Mais il en passe encore une certaine quantité autour du train et l'atmosphère devient assez respirable pour que l'on puisse, sans inconvénients, adopter la double traction avec locomotive de renfort à l'arrière du train.

Un courant d'air de 7,50 m de vitesse dans le tunnel vide, est assez violent pour éteindre les torches et gêner le service des hommes occupés aux réparations de la voie.

Au débit de 120 m³, le courant d'air est encore trop fort, puisqu'il atteint une vitesse de 5 m, et il doit être ramené à 3 m par seconde, soit un débit de 75 m³, pour permettre aux hommes de travailler dans le souterrain. Mais grâce à la puissance de l'installation, on peut balayer rapidement les fumées après le passage des convois.

On voit que le volume maximum d'air injecté par le ventilateur atteint ici 150 m³. A Pracchia, pour une longueur de tunnel de 2 700 m, le volume d'air injecté varie de 75 à 100 m³. Il est double au Saint-Gothard, mais le tunnel est à deux voies et sa longueur est de près de 15 km.

L'installation de ventilation mécanique du tunnel de l'Albespeyre a donc été étudiée sur des bases beaucoup plus larges que les précédentes. Elle a donné des résultats très satistaisants.

Dès qu'un train montant est signalé de la station de Villefort, le ventilateur est mis en marche. On lui fait atteindre progressivement la vitesse de régime qu'il doit avoir pendant le passage du train dans le tunnel.

Il n'est arrêté que lorsqu'il s'est écoulé, après le passage du

Digitized by Google

train devant la station de ventilation, un temps suffisant pour l'évacuation complète des fumées, dans le tunnel.

Nous donnons ci-après les instructions détaillées relatives au service de la station de ventilation du tunnel de l'Albespeyre, d'après le règlement que l'on a bien voulu nous communiquer à la direction de la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M.

### SERVICE DE LA STATION DE VENTILATION DU TUNNEL D'ALBESPEYRE

*Continuité du service des appareils de ventilation* — Le ventilateur doit être tenu prêt à être mis en marche à toute heure du jour et de la nuit, de manière à pouvoir fonctionner lors du passage sous le tunnel d'Albespeyre de tous les trains pairs réguliers, facultatifs ou spéciaux (voyageurs, mixtes, messageries, marchandises, machines isolées).

*Instructions générales données à la gare de Villefort.* — Aux termes des instructions qui lui ont été données, la gare de Villefort, doit :

1° Faire précéder le signal réglementaire de départ de tous les trains pairs de l'avis téléphonique, donné à la station de ventilation, du départ de ces trains;

2° Faire connaître à la station des retards de 15 minutes et au-dessus survenus dans la marche de ces trains;

3° Indiquer à la station de ventilation, par leurs numéros, les trains facultatifs et les marches isolées qui ne doivent pas avoir lieu.

*Cas ou le téléphone fonctionne normalement.* — A la réception de l'avis téléphonique annonçant le départ d'un train de la gare de Villefort, le ventilateur est immédiatement mis en marche, il n'est arrêté que lorsqu'il s'est écoulé, après le passage du train devant la station de ventilation, un délai qui est fixé par le chef mécanicien en résidence à Villefort et qui, dans aucun cas, ne doit être inférieur à 5 minutes,

Lorsqu'aucun avis téléphonique n'est adressé à la station de ventilation au moment de l'heure réglementaire de départ d'un train, ce qui peut se présenter lorsque ce train a un retard inférieur à 15 minutes, le ventilateur est néanmoins mis en marche à l'heure réglementaire de départ du train de Villefort.

Lorsqu'un retard a été annoncé pour un train, le ventilateur est mis en marche avec le même retard sur l'heure réglementaire de départ de Villefort, à moins que cette dernière gare n'ait annoncé le départ du train avec un retard moindre.

Enfin, les agents de la station de ventilation doivent mettre en action le ventilateur à l'occasion du passage des trains spéciaux qui leur seront annoncés, dans les mêmes conditions que pour les autres trains, et, en outre, se tenir à la disposition des agents de tous les services pour effectuer la ventilation du souterrain en dehors des heures de passage des trains, toutes les fois qu'elle leur sera demandée.

*Cas de l'interruption des communications téléphoniques.* — A défaut d'avis téléphonique ou en cas d'interruption dans les communications téléphoniques, le ventilateur est mis en marche à l'heure réglementaire, indiquée par les tableaux de la marche des trains, pour le départ de Villefort de tous les trains réguliers et facultatifs et des machines isolées.

*Avaries aux appareils de ventilation.* — En cas d'avarie ou de non fonctionnement des appareils de la station de ventilation, le machiniste en avise immédiatement la gare de Villefort, par téléphone, et s'il n'a pas l'assurance formelle d'avoir été entendu et compris, il se met en communication au moyen du

Digitized by Google

téléphone, avec la gare de Prévenchères pour lui demander d'aviser celle de Villefort par télégraphe. Enfin, si la communication teléphonique avec Prévenchères est elle-même interrompue ou incertaine, il envoie de suite un piéton à cette dernière gare pour la prévenir de l'interruption dans le service de ventilation.

*Vitesse du ventilateur.* — La vitesse de marche de la machine actionnant le ventilateur est maintenue à 40 tours par minute pendant les huit premières minutes qui suivent la mise en marche, et elle est ensuite portée au chiffre indiqué par le chef mécanicien en résidence à Villefort; la vitesse de régime à observer après les huit premières minutes est modifiée par le chef mécanicien lorsqu'il le juge utile, mais elle ne doit jamais être supérieure à 100 tours par minute.

## Tunnel du Mont-Cenis.

Le tunnel du Mont-Cenis traverse la chaîne des Alpes sous le col du Fréjus. Sa longueur est de 12 849 m. Il est à double voie avec une section transversale de 42 m² environ.

Le tunnel est en ligne droite et sensiblement dans la direction nord-sud.

L'orifice inférieur est à Modane, au nord, et l'orifice supérieur à Bardonnèche, au sud. La différence d'altitude des deux têtes du tunnel est de 133 m.

Le profil en long de la ligne est le suivant :

En partant de l'orifice nord côté Modane, la voie monte en rampe de 23 mm par mètre sur une longueur de 6 068 m, puis elle redescend vers l'orifice sud côté Bardonnèche qu'elle atteint après 6 781 m de parcours, avec des pentes très faibles, toutes inclinées dans le même sens, et variant de 0,5 mm à 1 mm par mètre.

Le tunnel du Mont-Cenis est exploité par les chemins de fer italiens, et c'est la traction à vapeur qui est employée.

Par suite de circonstances locales défavorables, la ventilation naturelle est tout à fait insuffisante pour assurer un renouvellement convenable de l'atmosphère du tunnel, et cette insuffisance a été constatée depuis longtemps.

Les mesures prises pour y remédier, en utilisant les installations de production d'air comprimé créées à Bardonnèche, pour les travaux de percement du tunnel, n'ont pas amélioré sensiblement la situation et l'exploitation s'est faite pendant de longues années dans des conditions bien défectueuses, si l'on en juge par les résultats d'analyses suivants (1) qui donnent la composition de l'air en diverses régions du souterrain.

(1) *Génie Civil*, t. XXXV, p. 279.

Digitized by Google

| | Acide carbonique. | Oxyde de carbone. |
|---|---|---|
| | — | — |
| Rampe sud, 8 minutes après l'entrée dans le tunnel. . | 0,062 0/0 | » |
| Au milieu du tunnel. . . . | 1,070 — | 0,031 0/0 |
| Rampe nord. . . . . . . . | 0,112 — | » |

La situation s'est améliorée depuis que l'on a ventilé le tunnel par le système Saccardo, en 1904, bien que les installations actuelles soient encore insuffisantes. Il est juste d'ajouter que, si cette dernière installation du système Saccardo ne donne pas de résultats aussi satisfaisants que les précédentes, l'éminent Ingénieur italien est mort avant qu'elle ne fût achevée. Il en aurait sans doute corrigé les imperfections, qui semblent dues au manque de puissance de l'installation.

Nous dirons tout d'abord quelques mots des dispositions prévues pour améliorer la composition de l'atmosphère avant que l'on ait adopté la ventilation mécanique du tunnel, nous décrirons ensuite sommairement l'installation système Saccardo 1904, et nous indiquerons, en terminant, quels sont les projets à l'étude pour remédier aux imperfections constatées.

*Ventilation du tunnel du Mont-Cenis, avant 1904.* — On sait que pour les travaux de percement du tunnel, l'entreprise Sommelier avait créé à Bardonnèche une usine hydraulique alimentée par une dérivation du ruisseau de Sept-Fontaines. L'eau était déversée à la partie supérieure de sept roues hydrauliques étagées, actionnant chacune un compresseur d'air. Ces compresseurs horizontaux refoulaient l'air comprimé dans des réservoirs où il était emmagasiné sous une pression de 6 atm et qui alimentaient la conduite principale d'air comprimé du souterrain.

Après l'achèvement des travaux on a voulu utiliser cette installation pour envoyer de l'air pur sous pression dans le tunnel, afin d'en améliorer l'aération.

Il faut noter que cinq compresseurs seulement sont en état de fonctionner, les deux autres nécessitant des réparations radicales. D'après des renseigeements extraits d'une brochure de M. de Kossuth, nous notons que chaque compresseur pourrait fournir 65 m³ à l'heure, volume d'air évalué à la pression atmosphérique, soit, pour les cinq compresseurs, un volume d'air total de 325 m³ à l'heure, avec lequel le renouvellement complet de l'atmosphère du tunnel demanderait 275 heures.



Digitized by Google

Si l'on admettait, comme au Saint-Gothard, qu'un courant d'air d'une vitesse de 3 m par seconde soit nécessaire pour assurer convenablement l'aérage du tunnel, en l'absence de toute ventilation naturelle, on voit que cette vitesse de 3 m par seconde correspondrait au renouvellement complet de l'atmosphère du souterrain en 1 h. 12 m., c'est-à-dire 230 fois plus rapide.

Dans ces conditions, les dispositions prévues pour répartir le long du tunnel des quantités d'air pur aussi négligeables, ne présentent pas grand intérêt. Nous mentionnerons seulement que la conduite principale d'air comprimé, d'un diamètre de 0,15 m est disposée suivant l'axe du tunnel dans l'entre-voie, et qu'elle s'étend depuis l'entrée Bardonnèche jusqu'à une distance de 12,5 km dans le tunnel.

Tous les 250 m des tuyaux de 0,02 m de diamètre intérieur viennent se brancher sur la conduite principale. Ils conduisent l'air comprimé aux robinets d'échappement qui se trouvent dans les chambres de refuge et dans les niches ménagées dans les parois du tunnel.

Les chambres de refuge sont tous les kilomètres, les robinets y sont toujours ouverts. Dans les niches les robinets d'échappement sont fermés. Ils ne sont là que comme secours, on les ouvrirait pour donner de l'air aux ouvriers qui n'auraient pas le temps de gagner les refuges.

La pression de l'air devrait être de 2,5 atm au dernier robinet, mais en raison des fuites elle est à peine supérieure à la pression atmosphérique.

En 1873, l'administration des chemins de fer de la Haute Italie a tenté d'améliorer l'aération, en utilisant les installations qui avaient été créées à la tête nord, pendant les travaux, pour aspirer l'air vicié dans cette partie du tunnel.

Trois machines hydrauliques actionnent des pompes aspirantes, dont les cylindres sont reliés à une conduite de $0,80 \times 0,80$ m qui règne depuis la tête nord jusque vers le milieu du tunnel. Tous les kilomètres il y a des prises d'air de $0,30 \times 0,45$ m de section.

D'après les calculs de M. de Kossuth, les trois pompes pourraient aspirer un volume d'air total de 411 $m^3$ par minute, mais l'effet utile serait très réduit par les frottements de l'air circulant avec une grande vitesse dans une conduite aussi longue. Et il n'y a d'aspiration notable que par la première prise d'air, la plus voisine de l'entrée du tunnel. Le cube d'air vicié extrait

Digitized by Google

est donc insuffisant pour améliorer l'aérage d'une manière sensible (1).

Aussi le besoin des installations actuelles se faisait-il vivement sentir.

*Installations de ventilations mécaniques, système Saccardo.* — Ces installations ont été faites vers l'extrémité sud du tunnel côté Bardonnèche. La buse annulaire d'injection d'air est orientée à la manière ordinaire, c'est-à-dire de façon à insuffler l'air pur dans la direction de la tête opposée côté Modane. Cette direction sud-nord du courant d'air artificiel paraît rationnelle, puisque c'est dans la moitié nord du tunnel que la voie est en forte rampe de 23 mm, la moitié sud étant presque en palier.

On injecte donc l'air pur dans la direction inverse des trains montants. Les fumées et les gaz de la combustion qui tendent à s'accumuler davantage dans la moitié nord du tunnel sont également évacués plus rapidement que si l'on avait adopté la direction contraire.

Le bâtiment contenant les deux ventilateurs et leurs moteurs électriques se trouve placé immédiatement au-dessus des maçonneries du tunnel, à une distance de 400 m environ de l'entrée du souterrain. On sait en effet que le tunnel a été prolongé à flanc de coteau par une galerie maçonnée, la tête primitive côté Bardonnèche ayant été reportée plus au sud.

Cette galerie maçonnée est percée de plusieurs ouvertures dans le piédroit qui se trouve du côté de la vallée. Il était donc naturel de placer l'appareil Saccardo à l'endroit même où le tunnel pénètre réellement sous la montagne.

Les deux ventilateurs ont 5,25 m de diamètre et 1,50 m de largeur totale. Leur partie médiane constitue le bâti de support des aubes qui sont disposées symétriquement de chaque côté et ont 0,40 m de largeur avec un développement de 1,40 m environ.

Ils sont montés sur le même arbre, et actionnés par courroies, le volant de commande de 4,10 m de diamètre étant calé entre les deux ventilateurs. La poulie montée sur l'arbre des dynamos a 1,50 m de diamètre.

(1) L'étude de M. de Kossuth sur l'aérage du Mont-Cenis a été publiée dans les *Annales des Mines*, livraison de septembre et octobre 1881. Dans sa brochure il préconisait la solution consistant à fermer par une porte l'une des entrées du souterrain, et à aspirer en arrière de cette porte l'air vicié du tunnel au moyen d'un ventilateur. Par l'autre extrémité du tunnel demeurée ouverte, l'air pur aurait pénétré dans le souterrain.

Digitized by Google

Les conduits de refoulement des ventilateurs s'étendent au-dessus des maçonneries du tunnel, dans la direction Modane sur une vingtaine de mètres pour se réunir à quelque distance de la chambre annulaire à la partie supérieure de laquelle ils viennent aboutir. Cette chambre règne sur toute la périphérie du tunnel, y compris l'emplacement des voies, de même que la buse d'injection d'air qui la prolonge vers l'arrière.

La paroi interne de la chambre annulaire et de la buse est en tôles raidies par des armatures. La paroi extérieure de la buse tronconique d'injection d'air est également en tôle et prolongée par une partie cylindrique. Toutes ces dispositions sont analogues à celles de l'installation du tunnel du Saint-Gothard.

Les dynamos qui commandent les ventilateurs reçoivent le courant produit par les dynamos de l'usine génératrice, qui se trouve à 240 m environ de l'entrée du tunnel; les fils aériens de la canalisation électrique de transport de force ont un développement d'environ 800 m.

L'usine génératrice se trouve dans le bâtiment inférieur des anciennes installations Sommelier, au pied de la colline sur laquelle sont les bâtiments des roues hydrauliques étagées actionnant les compresseurs d'air.

Elle comprend deux alternateurs triphasés commandés directement par deux turbines hydrauliques capables de développer chacune 235 ch à 375 tours.

Ces turbines sont alimentées par une conduite forcée en tôle, de 720 mm de diamètre, d'un débit maximum de 500 l par seconde, sous 43 m de chute. Le réservoir de prise d'eau de la conduite forcée est en haut d'une colline, à l'origine de la canalisation en ciment qui conduit l'eau aux anciennes roues hydrauliques.

On voit que la puissance de l'installation hydraulique atteint 450 ch, sur l'arbre des turbines. Elle n'est plus que de 320 ch sur l'arbre des ventilateurs Saccardo.

Or nous avons vu qu'au tunnel du Saint-Gothard la puissance maximum disponible sur l'arbre du ventilateur est de 800 ch.

Bien que les conditions ne soient pas les mêmes dans les deux cas, ces deux tunnels sont assez comparables; ils ont sensiblement la même section transversale. Si celui du Mont-Cenis e un peu moins long (12 849 m au lieu de 14 984 m), par contre l différence d'altitude des deux têtes est de 133 m au Mont-Ceni au lieu de 32 m au Saint-Gothard, et cette différence d'altitu

contrarie les effets de la ventilation mécanique, puisque l'extrémité Bardonnèche est la plus élevée.

Il n'est donc pas surprenant que l'installation de ventilation du tunnel du Mont-Cenis n'ait pas donné tous les résultats désirables. Et en fait, lorsque la ventilation naturelle tend à s'établir nettement, avec quelque intensité, dans la direction nord-sud de Modane vers Bardonnèche, on ne fait pas fonctionner l'appareil Saccardo. On n'améliorerait pas l'aérage du tunnel si l'on cherchait à produire en sens contraire un courant d'air artificiel sud-nord, en mettant en marche les ventilateurs.

Ces circonstances sont sans doute exceptionnelles et nous n'avons pas de données précises à ce sujet. Mais dans des conditions plus normales, les effets de la ventilation mécanique sont assez faibles vers l'extrémité nord du tunnel, côté Modane, et la puissance de l'installation est visiblement insuffisante.

Il a été question de compléter cette installation par un moteur à vapeur de secours afin d'avoir la puissance totale nécessaire pour actionner les ventilateurs.

Mais on a mis également à l'étude le remplacement de la traction à vapeur par la traction électrique, et nous croyons savoir qu'à l'heure actuelle c'est ce dernier projet qui a des chances d'être adopté.

Rappelons à cette occasion que cette solution avait été préconisée depuis longtemps par notre Président, M. Hillairet, et par notre Collègue, M. Bourdon, qui avaient étudié la traction électrique du tunnel du Mont-Cenis et soumis un projet dès 1891, à la Compagnie italienne des Chemins de fer de la Méditerranée.

## Ventilation de quelques tunnels de chemins de fer en Amérique.

Les renseignements qui suivent sont extraits des études de M. Churchill publiées aux Bulletins de l'American Society of Civil Engineers (1). Nous allons trouver quelques exemples de dispositions tout à fait différentes de celles qui précèdent dans les installations de ventilation mécanique de certains tunnels aux États-Unis, mais nous ne pensons pas qu'il y ait de conclusion générale à en tirer, les conditions dans lesquelles on se trouvait étant assez particulières.

(1) Ventilation of tunnels, by Charles S. Churchill. Transaction, 1905, t. LIV. Part. C., Proceedings, vol. XXXII. Août 1906.

Digitized by Google

Nous retrouverons pour d'autres tunnels des dispositions analogues à celles du système Saccardo.

*Le Tunnel de Hoosac* du Boston and Maine Railroad a 7.564 m de longueur. Il est à double voie et en ligne droite. Le profil en long de la voie comporte une rampe de 0,005 p. m qui règne depuis chacune des extrémités jusqu'au centre du souterrain. En ce point culminant se trouve un puits vertical de 313 m de profondeur, dont la section elliptique a 8,23 m de longueur pour 4,57 m de largeur.

Grâce à la présence de ce puits, l'aérage naturel s'est effectué tout d'abord dans des conditions assez satisfaisantes. Notons aussi que les entrées sont munies de portes que l'on ferme, en hiver, lorsque cela est nécessaire, pour empêcher la formation de glace à l'intérieur du souterrain.

En 1890, le nombre de trains circulant dans le tunnel s'est élevé à 65 par jour, ce qui a été considéré comme la limite de trafic compatible avec la ventilation naturelle.

Aussi, a-t-on installé en 1899 un ventilateur au sommet du puits d'aérage, pour aspirer par ce puits l'air vicié du tunnel, en déterminant des rentrées d'air pur par les têtes de l'ouvrage.

Le ventilateur est actionné par un moteur électrique de 125 ch, le courant étant fourni par l'usine de North Adams, distant de 5 km.

Les résultats ont été satisfaisants.

*Le Tunnel de East Mahanoy* sur le Philadelphia and Reading Railway est également ventilé au moyen d'un puits d'aérage.

Ce tunnel se trouve à 3,5 km de la ville de Mahanoy.

Il a une longueur de 1.038 m. La voie est en rampe de 0,007 p. m sur toute la longueur du tunnel qui est à voie unique avec une section transversale de 31,2 m². Dans sa partie supérieure la section transversale est élargie, la voûte ayant été construite avec une largeur de 6,28 m aux naissances. La section transversale sera portée ultérieurement à sa largeur définitive sur la hauteur des piédroits, lors de la pose de la deuxième voie.

Le trafic est important, et avant que l'on ait adopté la ventilation mécanique, l'atmosphère du souterrain était souvent viciée d'une manière dangereuse pour le personnel de l'exploitation.

Digitized by Google

On a utilisé comme puits d'aérage une ancienne galerie de mine existant dans une veine d'anthracite de la montagne.

Cette galerie inclinée à 25° environ sur l'horizontale a sensiblement, en plan, la direction du tunnel dans lequel elle vient déboucher à une distance de 259 m de l'entrée Nord qui est la plus élevée et à 779 m de l'entrée inférieure Sud.

Au sommet de la galerie d'aérage on a installé deux ventilateurs montés sur le même arbre. Ces ventilateurs sont actionnés par une machine à vapeur d'une puissance de 100 ch. Ils tournent à 100 tours par minute, le diamètre extérieur des aubes est de 6,40 m. L'air vicié est aspiré par la galerie d'aérage, les rentrées d'air pur se faisant par les têtes du tunnel.

Comme la galerie d'aérage débouche dans le tunnel beaucoup plus près de l'entrée Nord que de l'entrée Sud, la section transversale a été diminuée et réduite à 18,4 m² dans le voisinage de la tête Nord du tunnel, sur une longueur de 47 m, de manière à compenser les effets de la différence de longueur des deux parties du tunnel, depuis la galerie d'aérage jusqu'aux têtes.

Les essais effectués en 1900 ont montré que les ventilateurs pouvaient déplacer 118 m³ par seconde. En avril 1903, on a noté le temps qui était nécessaire pour purifier l'atmosphère du tunnel après le passage des trains lourds, et l'on a trouvé que ce temps était de 10 à 12 minutes, dans des conditions ordinaires de température et des vents régnants, le temps le plus long correspond aux trains montants.

*Le Tunnel d'Elkhorn* sur le Norfolk and Western Railway est situé près de Coaldale, dans l'Ouest de la Virginie.

Il traverse, sous la montagne dite « Flat Top Mountain » la chaîne de partage des eaux de la New River et de la Big Sandy River.

La longueur du tunnel est de 914 m. Il est à voie unique avec une section transversale de 21,8 m². Mais il est compris entre deux sections à double voie, avec un fort trafic dû aux mines de charbon de cette contrée.

Le profil en long de la ligne est en rampe de 20 mm aux abords de la tête Ouest du souterrain ; il se prolonge par une rampe de 14 mm à l'intérieur du tunnel, le sommet de la rampe se trouvant à 30 m environ au delà de la tête Est.

L'ouvrage est en ligne droite depuis la tête Ouest sur une

Digitized by Google

longueur de 660 m ; il est en courbe dans la partie Est sur 254 m de longueur.

Une grande partie des charbons de « Pocahontas » que l'on extrait des pentes Ouest de la Flat Top Mountain traversent le tunnel dans des trains montants de 1.200 t environ, remorqués par deux locomotives lourdes, pesant 135 t avec le tender ou par trois locomotives ordinaires.

Dans le cas de la double traction, une des locomotives est en tête, l'autre en queue du convoi.

Pour les convois en triple traction, avant la création des installations de ventilation mécanique actuelle, en 1900, il fallait mettre une machine en tête, une en queue et une au milieu du train, afin de diminuer les dangers d'asphyxie en espaçant le plus possible les machines d'un même convoi.

A cette époque, le nombre des trains montants à deux locomotives était d'environ 18 à 24, et il y avait 39 trains montants à trois locomotives. Le mouvement total de tous les trains traversant le tunnel était de 100 environ dans 24 heures.

Avec un tel trafic et malgré la faible longueur du tunnel, la ventilation naturelle était tout à fait insuffisante pour purifier convenablement l'atmosphère du souterrain, et la température s'élevait de 17 degrés au-dessus de la température extérieure pendant le passage d'un convoi.

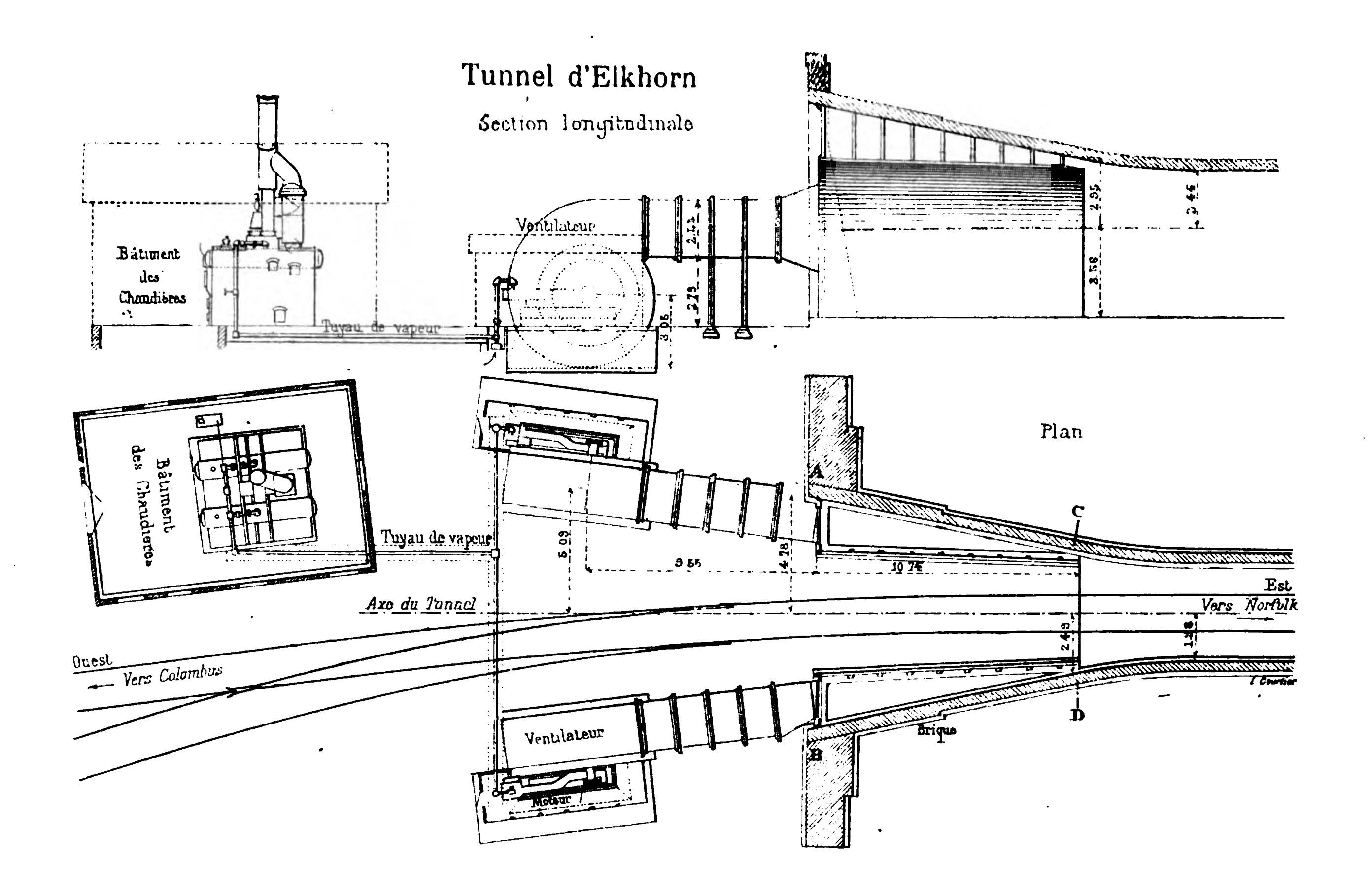
Aussi, durant les quatre années qui précédèrent l'installation de la ventilation mécanique, il y eut vingt-six cas d'asphyxie, dont un mortel.

Au commencement de 1900, la Norfolk and Western Railroad Cy décida de ventiler ce tunnel. Les dispositions adoptées sont analogues, dans leur ensemble, à celles des installations du système Saccardo.

On refoule de l'air pur dans le tunnel par deux ventilateurs indépendants, commandés par des moteurs à vapeur et disposés de part et d'autre de la voie, dans le voisinage de la tête Ouest du tunnel. Ils aspirent l'air pur extérieur et le refoulent directement dans une chambre annulaire régnant sur toute la hauteur des piédroits et le long de la voûte, et qui s'étend sur une longueur de 11 m environ, depuis l'entrée du souterrain.

Cette chambre annulaire constitue en même temps la buse d'injection d'air, car elle a une forme tronconique à section graduellement décroissante, jusqu'à son débouché arrière le long

Digitized by Google




Digitized by Google

des parois du tunnel où la section de sortie a une largeur uniforme de 0,39 m.

La paroi extérieure tronconique est formée par le revêtement maçonné qui a été prolongé au delà de l'ancienne tête du tunnel démolie et reportée vers l'Ouest.

La paroi intérieure cylindrique est en planches de sapin de 0,076 mm d'épaisseur maintenues par des armatures et des diaphragmes métalliques longitudinaux, scellés dans la paroi extérieure maçonnée.

La chambre annulaire d'injection est fermée vers l'avant dans le plan de la tête du tunnel, par une paroi verticale en bois dans laquelle sont ménagées les ouvertures rectangulaires de 1,52 m par 3,66 m des conduites de refoulement des deux ventilateurs disposés de chaque côté de la voie.

Ces derniers sont montés directement sur l'arbre des moteurs qui les commandent. Le bâtiment des chaudières est séparé, une canalisation de vapeur souterraine alimente les deux moteurs. La puissance totale est de 300 ch. A la vitesse de 140 tours par minute les ventilateurs débitent ensemble 190 $m^3$ d'air environ, ce qui correspondrait à un courant d'air d'une vitesse de 8,70 m par seconde dans le tunnel supposé vide. Mais les ventilateurs ne tournent à cette vitese de 140 tours que pendant la traversée des trains lourds montants, allant vers l'Est. On voit qu'à la sortie de ces trains la fumée doit être immédiatement balayée hors du tunnel par un violent courant d'air.

La vitesse normale de rotation des ventilateurs est de 30 tours par minute et elle est suffisante pour l'aérage du tunnel, pendant le passage des trains de voyageurs.

L'installation qui a été faite à la tête Ouest du souterrain détermine donc un courant d'air dans la direction de l'Est qui est celle des trains montants, les plus nombreux et les plus chargés. On a voulu rejeter la fumée en avant des machines, qui marchent le tender en avant. On y est parvenu grâce à la puissance de l'installation.

Il aurait été plus rationnel d'insuffler le courant d'air pur en sens inverse des trains montants, comme dans les installations précédentes, à moins que la solution adoptée ici n'ait été préférée par suite de circonstances locales particulières.

Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus au tunnel d'Elkhorn ont été satisfaisants, puisque maintenant les trains en triple traction peuvent être composés d'une manière normale avec une

Digitized by Google

locomotive en tête et deux en queue du convoi. On évite ainsi d'avoir à couper le train pour enlever la machine de renfort, comme on devait le faire autrefois, en arrivant au sommet de la rampe du côté Est, à la sortie du tunnel.

La limite de tonnage des trains a été augmentée. Le tunnel est dégagé des fumées et même lorsque les trains vont à petite vitesse, ils peuvent sans inconvénient s'arrêter dans le tunnel, car ils sont aussitôt entourés d'air frais.

*Le Tunnel de Big Bend* sur le Chesapeake and Ohio Railroad est situé près de Hinton, dans l'Est de la Virginie.

Sa longueur est de 1 981 m. C'est un souterrain à voie unique de 23,2 m² de section transversale. Il est en ligne droite.

La voie est en rampe de 4 mm par mètre de l'extrémité Ouest jusqu'aux deux tiers de sa longueur, elle descend ensuite avec une pente de 0,8 mm jusqu'à l'extremité Est du tunnel.

Il existe deux puits d'aérage placés environ au tiers de la longueur à partir des têtes. Mais les courants d'air qui s'établissaient dans le tunnel étaient insuffisants avec le trafic moyen de 44 trains par jour qui existait au moment où l'on a créé les installations de ventilation mécanique, à la fin de l'année 1902.

Ces installations ont été faites à l'extrémité Est du tunnel qui est la plus élevée. Elles sont analogues à celles du tunnel d'Elkhorn, mais on insuffle l'air pur en sens inverse des trains montants. Les puits d'aérage ont été fermés.

La chambre annulaire tronconique d'injection d'air a 15 m de longueur, mais elle est tout entière en avant de la tête maçonnée du souterrain.

Sa paroi extérieure, en tôle de 3,2 mm d'épaisseur est raidie par des ferrures métalliques extérieures, auxquelles elle est rivée.

La paroi intérieure qui a la forme du gabarit du tunnel est en planches de sapin de 0,076 m d'épaisseur, recouvertes d'une couche de peinture ignifugée.

Les deux ventilateurs, disposés de chaque côté de la voie, ont 4,27 m de diamètre sur 2,13 m de largeur. Leurs canaux de refoulement débouchent dans la paroi verticale fermant l'avant de la chambre annulaire d'injection d'air, par des ouvertures rectangulaires de 3,66 m sur 1,52 m, comme au tunnel d'Elkorn.

De même, les ventilateurs sont calés directement sur l'arbre de commande des moteurs à vapeur.

Digitized by Google

A la vitesse maximum de rotation de 144 tours par minute, le débit des ventilateurs est de 142 m³ environ par seconde; la vitesse du courant d'air, dans le tunnel supposé vide, atteindrait alors 6,10 m par seconde.

Mais les ventilateurs ne tournent à grande vitesse que lorsque les trains sont sur le point de pénétrer dans l'intérieur du tunnel, et à ce moment la vitessse normale de rotation des ventilateurs ne dépasse généralement pas 120 tours correspondant à un débit de 118 m³.

On continue de faire tourner les ventilateurs quelques instants après le passage des trains, pour purifier l'atmosphère du tunnel. On a observé que dans des conditions ordinaires, l'air est suffisamment renouvelé au bout de sept à neuf minutes après le passage d'un train lourd montant; il faut moins de temps pour les trains descendants.

Aussi a-t-on pu porter de 1 730 t à 1 960 t environ la limite de chargement des trains montants de marchandises.

*Tunnel Gallitzin.* — Nous retrouvons des dispositions analogues aux précédentes, dans les installations de ventilation mécanique du tunnel Gallitzin, dont les machines ont été mises en marche en avril 1905.

C'est un souterrain de 1 100 m de longueur, à l'Ouest d'Altoona, sur la ligne principale du Pennsylvania Railroad. Le tunnel à voie unique est en rampe de 5 mm depuis le portail Est, mais la rampe d'approche est plus forte et les trains allant vers l'Ouest ont généralement une machine de renfort. La section transversale du tunnel est de 30 m² environ.

La station de ventilation mécanique a été installée au voisinage de la tête Est, qui est l'extrémité la plus basse du souterrain, et le courant d'air de la ventilation artificielle est, par suite, dans le sens des trains montants, comme au tunnel d'Elkhorn. On a, de même, deux ventilateurs disposés de part et d'autre de la voie, vers l'entrée du tunnel, et commandés directement par des moteurs à vapeur indépendants.

Ces ventilateurs ont 4,88 m de diamètre et 2,44 m de largeur; leurs moteurs sont d'une puissance de 200 ch, soit 400 ch de puissance totale.

Ils tournent généralement à 40 ou 60 tours, mais lorsqu'il y a des trains de marchandises dans le tunnel, leur vitesse de rotation est portée à 130 tours.

Digitized by Google

Dans ces conditions, ils seraient capables de produire un courant d'air d'une vitesse de près de 8 m par seconde ; et à la vitesse de rotation maximum de 145 tours, on aurait un courant d'air de 9 m environ.

## Deuxième type d'installation.

### Souterrain fermé par des portes ou rideaux mobiles.

Cette solution a été adoptée au tunnel du Simplon, où elle est réalisée d'une façon très complète, puisque les deux extrémités du tunnel sont fermées par des rideaux mobiles que l'on soulève seulement au moment du passage des trains.

Nous rappellerons, pour mémoire, qu'on a amélioré les conditions d'aérage de petits tunnels, sans aucune installation de ventilation mécanique, en fermant simplement une des extrémités par un rideau, pendant la traversée des convois. On empêche ainsi l'entraînement de l'air par les trains, qui se trouvent ventilés par leur passage au travers de l'atmosphère immobile du souterrain.

Lorsqu'il n'y a pas de train dans le tunnel, le rideau reste relevé, afin que la ventilation naturelle s'établisse pour balayer les fumées.

C'est dans ces conditions qu'on a employé des rideaux mobiles, sur la ligne de Shin-Yetru, au Japon, en 1894.

Ce chemin de fer comporte de fortes rampes, avec voie à crémaillère système Abt. La faible vitesse des convois facilite l'exécution, en temps opportun, de ces manœuvres de rideaux.

On trouvera dans le mémoire de la Commission italienne du tunnel de Pracchia, publié en 1896, des considérations intéressantes sur l'utilisation des rideaux mobiles, et sur les conditions générales qu'ils doivent remplir.

Elle préconisait de fermer par un rideau l'extrémité inférieure des tunnels. Ces rideaux resteraient normalement ouverts, on les tiendrait baissés pendant le passage des trains, et seulement les jours où le courant d'air de la ventilation naturelle serait nul, ou dans le sens ascendant.

La Compagnie italienne des Chemins de fer de la Méditerranée a procédé également, en 1902, à des expériences, au tunnel de Pré di Mé, sur la ligne de Gênes à Ovada.

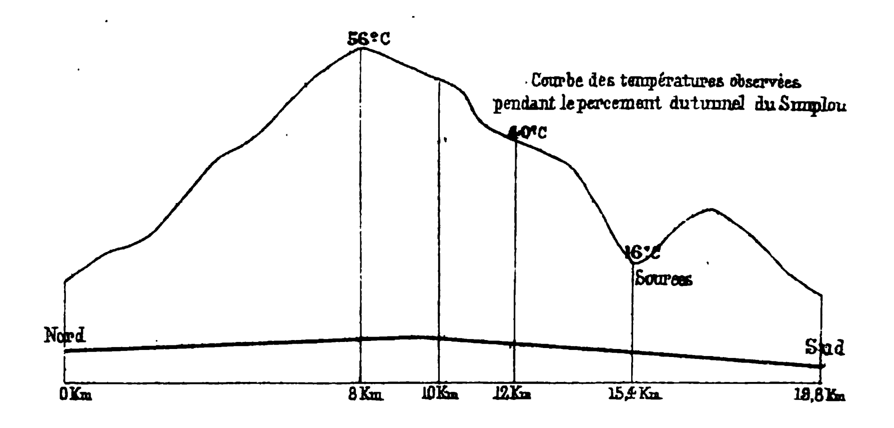
Digitized by Google

Mais c'est au tunnel du Simplon seulement, que nous voyons de puissantes installations de ventilation mécanique, avec fermeture des deux extrémités du tunnel par des rideaux.

## Tunnel du Simplon.

Les installations prévues pour l'aérage des galeries pendant l'exécution des travaux ont pu être utilisées pour la ventilation du tunnel en exploitation, grâce à l'emploi de la traction électrique qui diminue les causes de viciation de l'atmosphère, et aussi, parce que la fermeture de chacune des têtes par des rideaux permet de réduire la puissance nécessaire pour la ventilation.

Cependant, cette ventilation ne serait pas suffisante pour abaisser convenablement la température de l'air à l'intérieur du souterrain, par suite de la température élevée de la roche et des sources chaudes rencontrées.




Les études et les expériences auxquelles on a procédé avant l'achèvement du tunnel, ont permis de compléter, dès l'ouverture à l'exploitation, les installations de ventilation mécanique existantes par des installations spéciales pour le refroidissement des parois et de l'atmosphère dans les régions les plus chaudes du souterrain.

Nous étudierons donc successivement les installations de ventilation mécanique du tunnel du Simplon, puis les installations prévues pour le refroidissement de l'air.

Digitized by Google

Enfin, nous terminerons en indiquant les résultats obtenus d'après les relevés de température effectués depuis l'ouverture du tunnel à l'exploitation.

1° *Ventilation.* — On sait que le tunnel du Simplon traverse les Alpes dans une direction sensiblement nord-sud, entre les stations de Brigue et d'Iselle. Sa longueur totale est de 19 803 m. Il est à voie unique. Le souterrain de la seconde voie sera exécuté ultérieurement. Le tunnel est en ligne droite sur presque toute sa longueur, les extrémités, seulement, sont en courbe, pour faciliter le raccordement avec les voies d'accès.

A l'entrée nord, côté Brigue, on a ainsi une courbe de 350 m de rayon sur 140 m de longueur; à l'extrémité sud, côté d'Iselle, la courbe a 400 m de rayon sur une longueur de 185,50 m.

La cote d'atitude de la voie est de 686 m à la tête nord du tunnel, elle est de 633 m à la tête sud.

Le profil en long de la ligne est le suivant :

En allant de Brigue vers Iselle, dans la direction nord-sud, la voie monte d'abord de 2 mm par mètre sur 9 594 m de longueur, jusqu'à l'altitude de 705 m. De ce point culminant, elle descend ensuite par une pente de 7 mm par mètre, du côté italien, sur 10 209 m de longueur. C'est dans la dernière partie de la rampe de 2 mm qui précède le point culminant, que l'on a ménagé une voie d'évitement, disposée dans le tunnel de la seconde voie complètement achevée dans ce but sur la longueur nécessaire, soit 500 m environ.

La section transversale du tunnel a une largeur maximum de 5 m au niveau des naissances de la voûte, la hauteur libre sous clé étant de 5,50 m. Sa surface est de 23,8 m² environ.

Le souterrain de la seconde voie sera exécuté plus tard avec ces mêmes dimensions, à une distance de 17 m d'axe en axe du tunnel actuel. Il suffira de porter à sa section définitive la galerie parallèle qui a été percée sur toute sa longueur, et qui a été utilisée pour faciliter l'extraction des déblais, l'écoulement des eaux et la ventilation de la galerie principale pendant l'exécution des travaux.

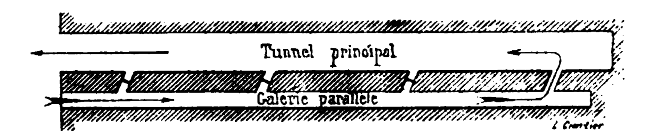
La galerie parallèle est reliée au tunnel par des traverses obliques espacées de 200 m.

Pendant les travaux de percement du tunnel, ces traverses

Digitized by Google

étaient fermées par des portes, à l'exception de la dernière, la plus rapprochée du front de taille.

Les extrémités de la galerie parallèle étaient également fermées par des portes.

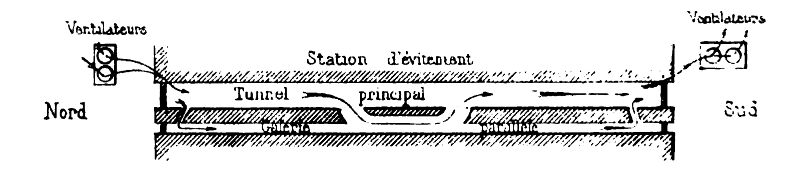



Les ventilateurs de chacune des têtes du souterrain refoulaient de l'air par la galerie parallèle. Cet air pur, dirigé par la dernière traverse vers le front de taille, revenait ensuite par la galerie principale pour ressortir par le portail complètement libre de cette galerie.

L'ouverture à l'exploitation en juin 1906 s'est faite avec la traction à vapeur, mais la traction électrique a été employée dès que le matériel et l'équipement de la voie ont été terminés. Ce n'est donc que dans des circonstances exceptionnelles que la traction à vapeur serait maintenant usitée (1).

En période normale d'exploitation, la ventilation s'effectue de la manière suivante :

Les deux extrémités du tunnel sont fermées par des rideaux mobiles que l'on soulève au moment du passage des trains.




Les extrémités de la galerie parallèle sont fermées d'une façon permanente par des portes ainsi que toutes les traverses reliant la galerie parallèle au tunnel principal, à l'exception des tra-

(1) C'est ce qui vient de se produire, à la suite d'une fausse manœuvre de la locomo tive électrique rentrant au dépôt de Brigue, le 2 février 1907. Il en est résulté un court-circuit qui a causé des avaries au matériel de la station électrique de Brigu La traction à vapeur a été employée jusqu'au 21 février date à laquelle l'exploitatio électrique a pu être reprise.

Digitized by Google

verses voisines des portails de Brigue et d'Iselle, qui restent constamment ouvertes.

Les deux ventilateurs de la station de ventilation mécanique de Brigue aspirent l'air pur à l'extérieur, et le refoulent dans le tunnel principal, en arrière du rideau qui ferme le portail de Brigue. Les deux ventilateurs de la station de ventilation mécanique d'Iselle aspirent l'air vicié du tunnel, en arrière du rideau qui ferme ce portail, et le rejettent au dehors. Le mouvement de l'air dans le tunnel principal et la galerie parallèle est indiqué par des flèches sur le croquis ci-après.

On voit que le sens nord-sud du courant d'air de la ventilation artificielle est celui qui conviendrait le mieux avec la traction à vapeur, puisque c'est dans la moitié sud du tunnel que l'on aurait à craindre davantage l'accumulation des gaz de la combustion et des fumées, par suite de la rampe de la voie qui est plus forte dans la moitié sud ; avec la traction électrique, le sens à donner au courant d'air de la ventilation est réglé par des considérations différentes.

En été, la direction nord-sud sera maintenue, mais en hiver, il y aura intérêt à adopter la direction sud-nord pour la ventilation artificielle, car les parois du tunnel sont humides vers le portail de Brigue, elles pourraient donc se couvrir de glace par l'introduction de l'air froid par ce même portail. Du côté d'Iselle, les quatre premiers kilomètres, sont, au contraire, parfaitement secs (1).

Le changement de sens du courant d'air de la ventilation est obtenu par des manœuvres de vannes, aux stations de ventilation des têtes du tunnel, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter les ventilateurs.

On voit aussi que le courant d'air qui s'établit dans le tunnel n'est pas troublé par l'ouverture des rideaux au moment du passage des trains, car les deux rideaux ne sont pas levés simultanément.

Le courant d'air de la ventilation continue donc toujours dans le même sens, même pendant le temps, d'ailleurs très court, où n des rideaux se trouve complètement relevé.

Nous dirons maintenant quelques mots d'une deuxième dispoion qui a été employée quelquefois pour la ventilation du

On a inversé, cet hiver, le sens de la ventilation, et la direction sud-nord a été ptée le 16 décembre 1906.



Digitized by Google

tunnel, mais seulement dans des circonstances exceptionnelles,

C'est celle qui consiste à refouler de l'air pur par les ventilateurs de Brigue en arrière du rideau fermé de ce portail en laissant ouvert le rideau du côté d'Iselle. Les ventilateurs d'Iselle refoulent de l'air pur par la galerie parallèle, dont toutes les traverses sont fermées jusque vers le milieu du tunnel. Dans cette région, on laisse ouverte une traverse de communication avec le tunnel principal, la galerie parallèle étant fermée au delà de cette traverse. L'air refoulé passe ainsi dans le tunnel principal, où sa masse se réunit à celle de l'air refoulé directement du portail de Brigue, et il sort par la porte d'Iselle.

Cette disposition est adoptée toutes les fois qu'il faut exécuter des travaux d'entretien dans la galerie parallèle du côté d'Iselle.

Ces travaux se font généralement de nuit, afin de conserver la ventilation normale pendant le jour; vers dix heures du soir on ouvre alors le portail d'Iselle, et on modifie la ventilation de cette station en envoyant l'air dans la galerie parallèle.

On obtient ainsi, dans cette galerie, une température moins élevée qu'avec la ventilation normale, qui ne permettrait pas de travailler dans la galerie parallèle à cause de la chaleur.

Les *rideaux mobiles* des portails de Brigue et d'Iselle sont en toile à voile. Cette toile est maintenue par ses bords latéraux et à sa partie supérieure, par un cadre métallique, rigide, en tôles et cornières. Le bord inférieur de la toile est maintenu par un câble métallique fixé aux montants du cadre. Dans la position normale de fermeture du rideau, le câble se trouve pressé fortement contre le radier du tunnel qui est cimenté et uni en cet endroit.

En effet, l'arrasement du radier a été fait au niveau supérieur des rails, mais de part et d'autre de la voie l'arrasement a lieu suivant un plan incliné, légérement en pente vers les piédroits.

Aussi la fermeture du rideau est-elle sensiblement étanche puisqu'il ne peut y avoir de fuites que par les petites dépressions que l'on a dû ménager dans le radier contre les rails, pour le passage du mentonnet des roues.

Les bords latéraux du cadre métallique coulissent très exactement dans des rainures ménagées dans les maçonneries du tunnel. La montée du rideau est commandée par un treuil actionné par un moteur électrique, mais, qui peut être manœuvré également à bras.

Digitized by Google

Ce treuil commande un arbre horizontal disposé dans une chambre au-dessus du tunnel.

La rotation de cet arbre détermine l'enroulement des chaines qui soulèvent le cadre de support du rideau en toile. Des contre-poids équilibrent le cadre et son rideau.

On a aussi, prévu la commande du soulèvement des rideaux par de petites turbines hydrauliques qui seront installées ultérieurement, lorsque les maçonneries complètes de chaque tête du tunnel seront terminées, après l'exécution du tunnel de la deuxième voie.

Les *stations de ventilation* des têtes du tunnel, comprennent deux ventilateurs indépendants. Chacun d'eux est commandé par une turbine hydraulique calée sur le même arbre et d'une puissance maximum de 200 ch. La puissance totale de chaque station est donc de 400 ch.

Les conduites forcées qui amènent l'eau aux turbines, sont alimentées par une dérivation des eaux du Rhône du côté Brigue et des eaux de la Diveria, du côté d'Iselle.

Les ventilateurs ont 3,75 m de circonférence extérieure ; ils aspirent l'air par des ouïes de 1,30 m de diamètre. Ils sont du type à réaction, avec 7 aubes entières et 7 demi aubes régnant seulement vers la périphérie du ventilateur.

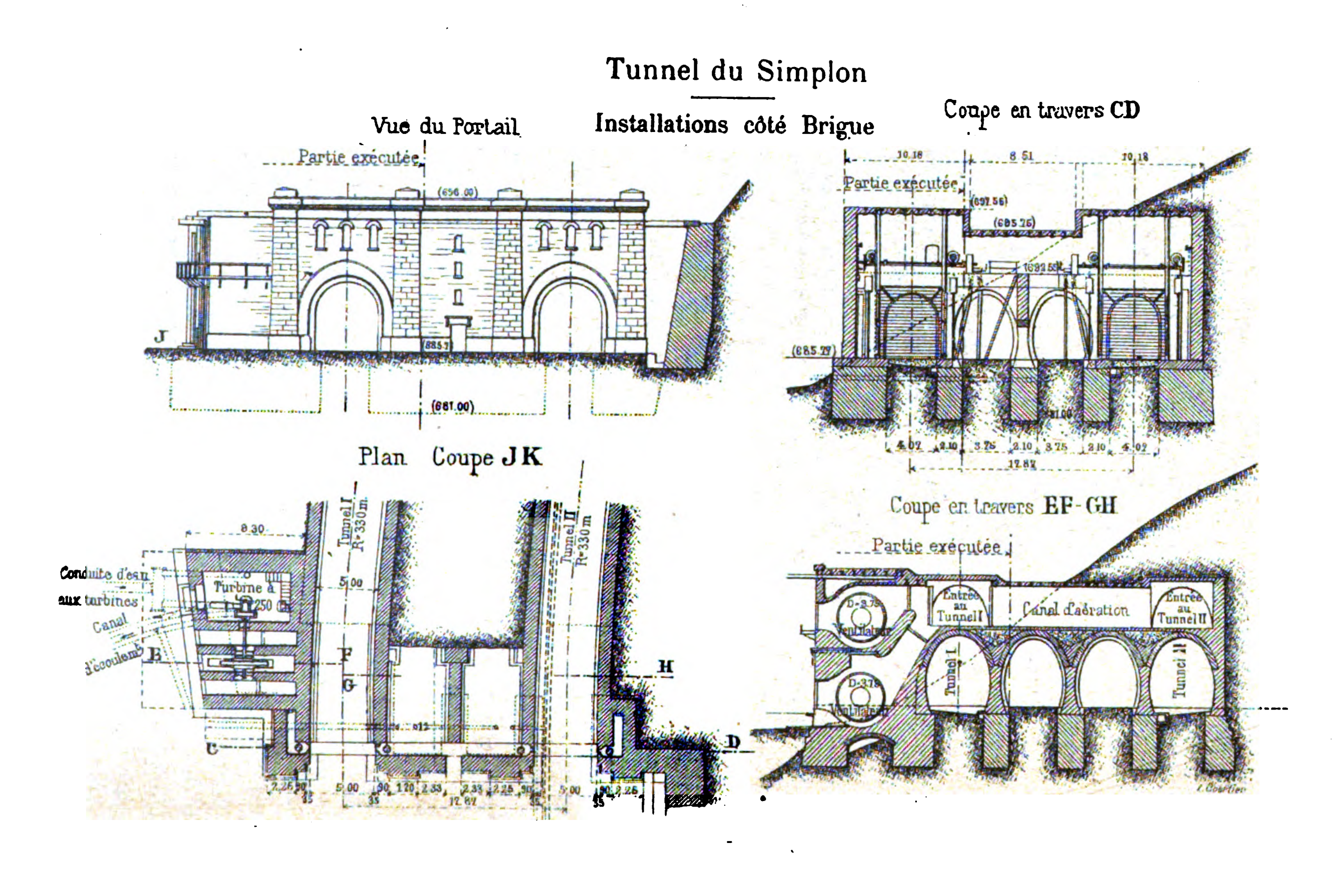
Leur largeur est de 0,24 m à la périphérie et de 0,80 m vers les ouïes.

A la station de ventilation de Brigue, les deux ventilateurs sont l'un au-dessus de l'autre, le bâtiment des turbines et des ventilateurs est accolé latéralement aux maçonneries de la tête du tunnel.

A chaque étage de ce bâtiment, il y a trois portes dont l'ouverture met en communication avec l'atmosphère, les chambres transversales au tunnel, ménagées en arrière de ces portes. Ces chambres communiquent d'autre part, par des conduits maçonnés séparés, qui peuvent aussi être fermées par des vannes, avec un canal de 3,50 m de hauteur ménagé au-dessus du tunnel, dans lequel il vient déboucher, en arrière du rideau de fermeture.

Les ventilateurs sont disposés dans l'axe de la chambre centrale du bâtiment latéral au tunnel. Par les ouvertures ménagées autour de l'arbre de commande, ils aspirent l'air des chambres latérales. Si les portes extérieures de ces dernières sont ouvertes, et les vannes de leurs conduits au tunnel fermées, les ventilateurs

Digitized by Google

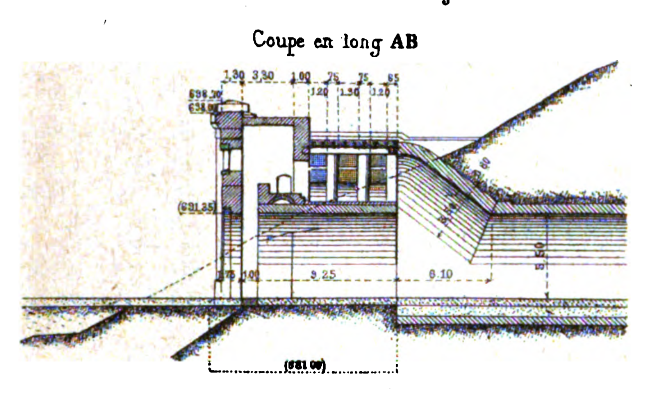



Digitized by Google

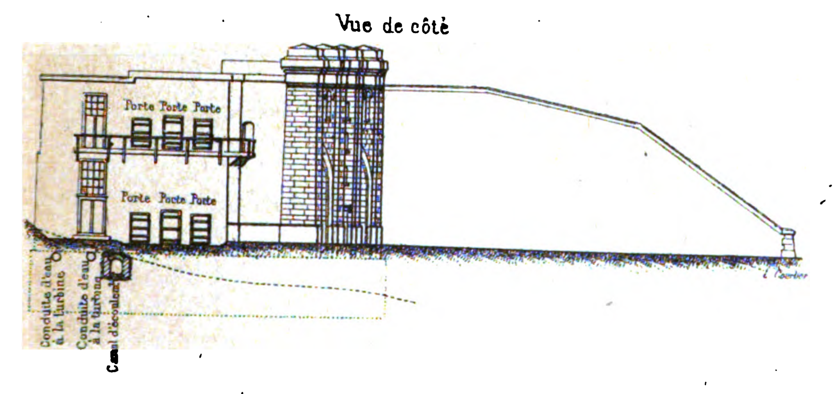
aspirent l'air extérieur. Dans ces conditions, la porte extérieure de la chambre centrale devra être fermée et la vanne correspondante ouverte, l'air aspiré s'échappe sous pression par la circonférence du ventilateur et cet air pur se trouve ainsi refoulé dans le tunnel.

Une manœuvre inverse des portes et des vannes permettrait d'aspirer l'air vicié du tunnel et de le rejeter à l'extérieur.

Coupe en long AB



Vue de côté




Les chambres des turbines hydrauliques sont également l'une au-dessus de l'autre, chaque turbine est montée à l'extrémité de l'arbre de son ventilateur. La conduite d'amenée d'eau sous pression se dédouble pour desservir chaque turbine. Les conduites d'évacuation aboutissent à un même canal d'écoulement maonné et voûté.

A Iselle, la station de ventilation est établie dans un bâtiment paré à un seul étage, mis en communication avec le tunnel ır un canal maçonné souterrain, qui passe sous la route du nplon. C'est par ce canal maçonné que les ventilateurs aspi-

Digitized by Google

rent l'air vicié du tunnel, ou qu'ils refoulent de l'air pur, soit dans la galerie principale, soit dans la galerie parallèle, d'après la manœuvre des vannes et des trois portes extérieures de prises d'air de chaque ventilateur.

Les deux ventilateurs sont ici au même niveau et dans le prolongement l'un de l'autre, leurs axes transversaux étant disposés dans le même plan.

Les essais des ventilateurs ont donné les résultats suivants, l'air pur étant aspiré à l'extérieur par les ouïes et rejeté dans une chambre communiquant directement avec l'atmosphère.

| NOMBRE DE TOURS par minute | QUANTITÉ D'AIR par SECONDE | PRESSION D'AIR EN mm d'eau | PUISSANCE EFFECTIVE DÉPENSÉE | RENDEMENT |
|---|---|---|---|---|
| | m³ | mm | ch | |
| 120 | 11,2 | 26 | 12 | 0,42 |
| 180 | 17,2 | 58 | 37 | 0,38 |
| 240 | 22,9 | 102 | 85 | 0,38 |
| 300 | 28,7 | 160 | 164 | 0,38 |
| 360 | 34,4 | 230 | 277 | 0,38 |

Pendant la période de construction du tunnel, en faisant fonctionner les deux ventilateurs, on a pu refouler par les galeries parallèles, jusqu'au front d'attaque du tunnel principal, 32 m³ d'air par seconde.

En exploitation, on refoule dans le tunnel principal, environ 90 m³ d'air par seconde, en faisant fonctionner les deux ventilateurs de chaque station dans les conditions prévues pour la ventilation normale du souterrain.

Nous relevons sur les rapports de l'exploitation les chiffres suivants :

A la date du 29 août 1906, à neuf heures et demie du soir, pour une période de ventilation normale (refoulement d'air pur au portail de Brigue, aspiration d'air vicié au portail d'Iselle).

Volume d'air par seconde. . . . . 94 m³.
Pression en millimètres d'eau (côté Brigue): . . . . . . . . . . . 115 mm.
Nombre de tours des ventilateurs . { 330 tours côté Brigue. 325 tours côté d'Iselle.
Température de l'air du tunnel. . 28°,5 à la sortie, côté d'Iselle.
Température de l'air extérieur . . 17°

Digitized by Google

Rappelons que la section transversale du tunnel est de 23,8 $m^2$. Le volume d'air précédent a été calculé en mesurant la vitesse moyenne du courant d'air qui a été trouvée égale à 4 m environ à la distance de 500 m du portail d'Iselle.

On voit que, même avec la traction électrique, une ventilation très énergique est nécessaire pour combattre l'élévation de la température. Dans la partie centrale du tunnel, une réfrigération supplémentaire par de l'eau froide vient compléter les effets de la ventilation.

2° *Refroidissement des parois et de l'atmosphère du tunnel.* — On a étudié et expérimenté divers dispositifs par lesquels on arrosait les parois d'eau froide, ou bien, on projetait de l'eau fraîche pulvérisée en pluie fine dans l'atmosphère du tunnel.

L'arrosage des parois du tunnel serait le procédé le plus efficace pour enlever les quantités de chaleur qui se renouvellent constamment, c'est-à-dire, la chaleur du rocher et des sources chaudes.

Les pulvérisations d'eau fraîche sous pression dans la section libre du tunnel, enlèveraient les quantités de chaleur qui viennent s'y ajouter périodiquement (traction, etc.).

L'arrosage des parois se fait par des tuyaux de 150 à 200 m de longueur disposés vers les naissances de la voûte et percés de petits trous du côté de la paroi; ces trous de 2 à 3 mm étant espacés de 30 cm.

Les tuyaux sont alimentés par des branchements le long des piedroits, ces branchements rejoignent par les traverses voisines la conduite principale d'eau, sous pression dans la galerie parallèle. Indépendamment de la chaleur enlevée directement par l'échauffement de l'eau qui s'écoule le long des parois du tunnel, les essais ont démontré que l'air se refroidit très sensiblement au contact des parois mouillées par suite de l'évaporation provoquée par le courant d'air de la ventilation.

La pression d'eau nécessaire pour l'arrosage des murs est très faible et une pression de 5 m est suffisante.

Pour les pulvérisations d'eau fraîche sous pression, on peut provoquer des gerbes verticales de bas en haut, en disposant des appareils appropriés, soit sur le sol, dans l'entrevoie, ou en dehors des rails.

Dans le bâtiment des machines de l'entreprise du tunnel, du côté de Brigue, une pompe centrifuge actionnée par une turbine,

Digitized by Google

refoule une quantité d'eau de 60 l par seconde, sous 30 atmosphères de pression, dans une conduite de 250 mm de diamètre intérieur, qui rejoint la galerie parallèle au tunnel. Cette conduite se prolonge depuis le portail de Brigue jusqu'au kilomètre 10, vers le milieu du tunnel. Afin d'éviter le réchauffement de l'eau par suite de la chaleur de la galerie parallèle, la conduite en fonte est entourée d'une couche isolante de charbon pulvérisé maintenue par une enveloppe extérieure en tôle.

3° *Résultats pratiques obtenus.* — On sait que l'ouverture du tunnel à l'exploitation s'est faite avec la traction à vapeur. Nous croyons intéressant de rappeler quelques résultats d'observations faites à cette époque. Nous les extrairons d'une note envoyée au journal anglais *Engineer* par un de ses correspondants, qui a fait la traversée du tunnel dans les deux sens, le 9 juin 1906 :

« Départ de Domodossola à 2 heures après midi, dans un train remorqué par deux locomotives attelées en tête, température à l'intérieur de la voiture 22,5 degrés. Le thermomètre monte à 24 degrés dans les tunnels de Varzo et Tasquera. Arrivée à Iselle à 2 h. 33 m. Une des machines est détachée.

» Départ d'Iselle à 2 h. 37 m. et entrée dans le grand tunnel à 2 h. 38 m. Au bout de quelques secondes, dans la partie en courbe du tunnel, l'air prend une légère odeur sulfureuse. Mais elle cesse bientôt et ne reparaît plus.

» La température augmente au bout de 3 à 4 km. Au bout de cinq minutes la vapeur commence à se condenser à l'extérieur des vitres des châssis, qui sont fermés. A 2 h. 44 m. la température dans les voitures s'élève à 25 degrés et à 2 h. 47 m à 25,5 degrés. L'air à l'extérieur des voitures est toujours pur et sans odeur de soufre.

» On passe le point milieu du tunnel et on redescend. Alors les fenêtres sont ouvertes, et l'air arrive plus frais (1), mais néanmoins la température monte encore jusqu'à un maximum de 27 degrés. A partir de ce moment elle baisse, étant de 25 degrés à 2 h. 58 m., 24 degrés à 3 heures, 22,5 degrés à 3 h. 2 m. et 21 degrés à 3 h. 4 m.

» A 3 h. 5 m. le train sort du tunnel et atteint, trois minutes

(1) Impression due sans doute à l'effet du courant d'air, par suite de l'ouverture des fenêtres.

Digitized by Google

plus tard, la gare de Brigue. Le tunnel a été traversé à la vitesse de 45 km en 26 minutes. »

Dans le voyage de retour, de Brigue à Iselle, les températures observées ont été moins élevées, maximum 24,5 degrés près de la station d'Iselle.

Mais les observations faites à l'intérieur des voitures sont nécessairement influencées par l'ouverture ou la fermeture des fenêtres; d'ailleurs, même avec les fenêtres ouvertes, l'équilibre de température ne s'établit pas immédiatement entre l'intérieur des voitures et l'atmosphère du tunnel.

On aurait une idée plus exacte des variations de la température dans les diverses régions du souterrain, par des expériences précises faites en des points déterminés. Ces expériences ont été faites par le service de l'exploitation, et l'on a bien voulu nous en communiquer les résultats. Les chiffres qui suivent sont extraits des rapports mensuels du service de l'exploitation; ils se rapportent au mois d'août 1906. A ce moment la traction électrique était exclusivement employée.

Les relevés de température se font de nuit, à partir de 9 heures du soir, pour que les opérations ne soient pas gênées par le passage des convois.

Voici les températures relevées le 13 août, dans la *moitié nord* du tunnel principal depuis le portail de Brigue (kilom. 0) jusqu'au kilomètre 10. Elles ont été prises sur l'axe de la voie et à 2 m au-dessus du niveau des rails.

Nous compléterons ce tableau par le relevé des températures de la roche aux mêmes points dans la galerie parallèle; ces températures ont été obtenues au moyen de thermomètres disposés dans des trous de mine à 1,50 m de profondeur en arrière du parement de la galerie.

| Kilomètres . . . . . . | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tunnel principal : temp. de l'air. degrés. | 16 | 16 | 16 | 15,7 | 17,5 | 19,5 | 20,5 | 22,5 | 25 | 23 | 27 |
| Galerie parallèle. (Roche) . . . . . | 14,4 | 15,8 | 18,6 | 21 | 23,2 | 25,9 | 28,8 | 31,8 | 33,2 | 31 | 35 |

Pendant les observations faites dans la nuit du 13 août, les pareils de refroidissement des traverses n$^{os}$ 43, 45 et 46 fonconnaient (soit aux kilomètres 8,3, 8,7 et 8,9).

Digitized by Google

Les deux ventilateurs de la station de Brigue refoulaient de l'air pur dans le tunnel. Ceux d'Iselle ont aspiré de l'air vicié jusqu'à 10 heures du soir.

De 10 heures à 3 heures du matin, ils ont au contraire refoulé de l'air pur par la galerie parallèle, cet air pur revenant ensuite par la moitié sud du tunnel principal, pour sortir par le portail d'Iselle, afin de pouvoir exécuter des travaux d'entretien dans la galerie parallèle du côté d'Iselle.

Dans la *moitié sud* du tunnel, les observations ont été faites dans la nuit du 29 août, de 9 heures à minuit, en allant du portail d'Iselle vers la gare centrale. A 10 heures du soir la ventilation a encore été modifiée comme précédemment.

Les conditions de marche des ventilateurs et les volumes d'air circulant dans le tunnel, pour les ventilations normales et anormales correspondant à la durée de ces opérations, sont celles qui ont été indiquées précédemment.

Les observations relatives aux températures ont été faites dans les chambres de refuge.

| Kilomètre . . . . . | GARE centrale | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tunnel principal : température de l'air. . degrés. | 26,4 | 26 | 26 | 28 | 29,2 | 29,2 | 29 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 |

Mentionnons, pour terminer, que la durée de la traversée des convois dans le tunnel est de 17 à 18 minutes pour les trains express, de 24 à 25 minutes pour les trains ordinaires, et de 40 minutes pour les trains de marchandises, le nombre total des convois étant actuellement de 30 par jour environ.

Les ventilateurs marchent constamment. La levée des rideaux se fait cinq minutes avant le passage des trains ; on les abaisse aussitôt après. Les trains quittant les stations de Brigue ou d'Iselle pour s'engager dans le tunnel sont annoncés aux stations de ventilation des têtes du souterrain. Ces stations sont également avisées du départ des trains qui quittent la gare centrale du tunnel pour se diriger vers les portails de sortie du souterrain.

Digitized by Google

## Tunnels sous les Fleuves.

Lorsque des tunnels de chemins de fer sont établis sous des fleuves, on se trouve dans des conditions assez faciles pour en assurer l'aérage si leur longueur n'est pas trop considérable, car on dispose généralement de puits verticaux communiquant avec le souterrain, dans le voisinage des berges du fleuve.

Ce sont les puits qui ont servi, pendant l'exécution des travaux, pour multiplier les fronts d'attaque et faciliter l'extraction des déblais.

Lorsque l'aérage naturel par les puits et par les têtes des tunnels d'accès est insuffisant, on pourra utiliser ces puits pour la ventilation mécanique des souterrains. Nous trouverons des exemples de disposition de ce genre en Angleterre, au tunnel sous la Mersey et au tunnel sous la Severn; en Amérique, au tunnel sous la rivière St-Clair.

### Tunnel sous la Mersey.

Le tunnel sous la Mersey relie par chemin de fer Liverpool à Birkenhead.

Sa longueur totale est de 3420 m, dont 1910 m sous la Mersey, entre les puits verticaux des stations souterraines de Saint-James Street, côté Liverpool, et d'Hamilton Square, côté Birkenhead. Le tunnel est à double voie.

La section maçonnée et voûtée a 7,93 m de largeur aux naissances, 5,79 m de hauteur libre sous clé avec une section transversale libre de 39,5 m² environ.

Les stations souterraines de St-James Street et Hamilton Square sont également voûtées; leur longueur est de 122 m, avec 15,40 m de largeur entre piédroits. Les quais latéraux ont 4.75 m de largeur.

La voie étant à une trentaine de mètres de profondeur, ces stations sont desservies par des ascenseurs.

Les rampes d'accès souterraines ont 770 m de longueur du côté Liverpool et 740 m du côté Birkenhead.

Elles comportent des pentes de 37 mm par mètre. On avait adopté à l'origine la traction à vapeur, aussi l'importance du trafic a-t-elle nécessité dès le début, en 1886, la création d'installations de ventilation mécanique.

Digitized by Google

L'aération se fait au moyen de cinq ventilateurs Guibal établis à la surface du sol; trois sont au-dessus de la station de Saint-James Street et deux au-dessus de celle d'Hamilton Square. Les ventilateurs sont reliés aux extrémités d'une galerie d'aération par laquelle ils aspirent l'air vicié du souterrain. Cette galerie latérale au tunnel et dont la section circulaire a 2,18 m de diamètre a été creusée dans le rocher, à la machine Beaumont, comme le tunnel lui-même. Elle communique avec le souterrain par des galeries transversales munies de portes à glissières.

Ces communications, par où se font les prises d'air vicié du tunnel, sont établies au milieu de la partie sous la rivière et vers le milieu de chacune des rampes d'accès.

L'aspiration de l'air vicié du souterrain provoque des rentrées d'air pur par les puits des stations et par les têtes des tunnels d'accès.

L'un des ventilateurs Guibal de la station de Saint-James Street a 9,15 m de diamètre et 3,05 m de largeur. Il assure l'aérage de la rampe d'accès côté Liverpool en aspirant l'air vicié au milieu de cette section souterraine. A la vitesse 60 tours par minute, le volume d'air pur qui pénètre par chaque extrémité du tunnel d'accès est de 30 m$^3$, soit un volume total d'air pur de 60 m$^3$.

Afin d'améliorer davantage l'aérage de cette station, un deuxième ventilateur aspirant, d'un débit de 70 m$^3$, a été adjoint au premier.

Le troisième ventilateur de la station de Saint-James Street a 12,20 m de diamètre et 3,65 m de largeur.

Il aspire l'air vicié au milieu de la section sous la rivière. Son débit est de 84 m$^3$ à la vitesse de 45 tours.

Il concourt à assurer l'aérage de la partie du tunnel comprise entre les puits de Saint-James Street et d'Hamilton Square; avec un ventilateur semblable, installé à Hamilton Square, et qui débite 63,5 m$^3$ par seconde à 45 tours.

Le deuxième ventilateur Guibal de la station d'Hamilton Square a 9,15 m de diamètre et 3,05 m de largeur. Sa vitesse normale de rotation est de 47 tours par minute. Il assure la ventilation de la rampe d'accès. L'air vicié est aspiré au milieu de cette section du tunnel, le volume d'air pur qui pénètre par chaque extrémité est ainsi de 51 m$^3$, soit un volume d'air pur de 102 m$^3$ pour cette section.

Digitized by Google

En résumé, les cinq ventilateurs aspirants qui doivent assurer l'aérage de tout le tunnel provoquent par aspiration l'entrée d'un volume total d'air pur de 380 m³ environ par seconde.

Mais par suite du développement du trafic, cette ventilation est devenue insuffisante. Dans ces dernières années la canalisation d'aérage s'était revêtue intérieurement d'un dépôt de suie qui en réduisait notablement le diamètre.

Aussi a-t-on adopté la traction électrique pour améliorer l'aérage dans le tunnel de la Mersey, qui est parcouru par 300 trains par jour, espacés à cinq minutes sur chaque voie (1).

## Tunnel sous la Severn.

Le tunnel sous la Severn est sur la ligne qui relie Londres au Pays de Gallés. Sa longueur totale, avec les accès, est de 6 km, avec des pentes d'environ 10 mm par mètre, dans les tunnels d'accès. La partie sous le fleuve a 3,6 km de longueur.

C'est un tunnel à double voie maçonné et voûté. La largeur aux naissances est de 7,93 m, la hauteur libre sous clé jusqu'au niveau de la voie est de 6,10 m. La section transversale libre est de 41,75 m³.

La traction se fait par locomotives à vapeur et le tunnel est parcouru par 158 trains réguliers en 24 heures.

L'aération est obtenue au moyen d'un ventilateur aspirant système Guibal, de 12,20 m de diamètre et 3,66 m de largeur, tournant à la vitesse de 27 tours par minute.

Il est actionné par une machine à vapeur horizontale de 85 ch ; on dispose d'une machine de secours en cas d'avaries.

Ce ventilateur est installé dans un puits de 5,50 m de diamètre communiquant avec le tunnel, et situé sur la rive Galloise de la Severn, à 2600 m de l'entrée du tunnel côté Galles et à 3600 m de l'entrée côté Bristol. Il n'est donc pas au milieu de la longueur du tunnel.

Le ventilateur aspire l'air vicié par le puits et le rejette au dehors. Les rentrées d'air pur se font par chacune des extrémités du souterrain.

Dans des conditions normales, la vitesse du courant d'air est 2,50 m par seconde du côté Gallois et de 1,95 m du côté Bris-

) Pour le matériel roulant en usage depuis 1903 et l'équipement électrique de la e, voir la communication de M. N. Mazen sur la traction électrique appliquée aux nins de fer.

Digitized by Google

tol, ce qui correspondrait à un volume d'air pur total de 185 m³ environ.

Nous mentionnerons également les installations de ventilation mécanique qui ont été créées aux deux têtes du tunnel du chemin de fer sous la *rivière Saint-Clair*, en Amérique, pour améliorer l'aérage de ce souterrain à voie unique de 1800 m de longueur environ.

La section transversale circulaire, avec revêtement en fonte a 6,10 m de diamètre intérieur. Avec la traction à vapeur, les locomotives brûlaient de l'anthracite afin de réduire la production des fumées pendant la traversée de ce tunnel.

Les conditions d'aération étaient cependant très défectueuses et le 9 octobre 1904, six employés ont été asphyxiés à la suite du stationnement accidentel d'un convoi dans le souterrain.

Aussi vient-on d'adopter la traction électrique.

---

# DEUXIÈME PARTIE

## VENTILATION DES MÉTROPOLITAINS SOUTERRAINS

Les conditions d'exploitation des lignes métropolitaines sont tout à fait différentes de celles des tunnels de chemins de fer, et il y a lieu d'en tenir compte dans l'étude des conditions d'aération qui doivent être réalisées.

Dans les lignes à trafic intensif, la traction électrique est généralement employée, et les tunnels, qui s'étendent parfois sur de très grandes longueurs, sont parcourus par des convois se suivant à intervalles rapprochés.

En période normale d'exploitation, de nombreux voyageurs se trouvent donc constamment dans les tunnels. A certaines heures d'affluence, les voitures sont surchargées, les stations elles-mêmes sont parfois encombrées. Enfin, le personnel de service séjourne longuement dans ces souterrains.

Les conditions d'exploitation sont donc sensiblement inverses de celles des tunnels de chemins de fer. Et on voit de suite, qu'elles exigent une aération bien meilleure, et que le degré de viciation de l'atmosphère et l'élévation de la température, dans les métropolitains souterrains, devront être notablement infé-

Digitized by Google

rieurs aux limites admissibles pour les tunnels de chemins de fer.

L'expérience montre que ces résultats ne sont obtenus que par une ventilation énergique et que l'aération naturelle est ordinairement insuffisante.

La ventilation mécanique sera donc généralement nécessaire pour assurer dans de bonnes conditions le renouvellement de l'atmosphère des tunnels des chemins de fer métropolitains.

Remarquons, en passant, que les voitures doivent aussi être ventilées, afin que les voyageurs n'y respirent pas un air vicié par les personnes qui s'y trouvent et par celles qui les y ont précédées. Les solutions pratiques satisfaisantes sont certainement nombreuses. Nous ne traiterons pas ici cette question de la ventilation des voitures.

De même que dans la première partie de cette communication, nous étudierons, tout d'abord, les causes générales de viciation de l'atmosphère et d'élévation de température dans les métropolitains souterrains, en cherchant à préciser, dans la mesure du possible. les limites qui peuvent être admises. Puis nous verrons quels sont les différents systèmes de la ventilation applicables au tunnels, des métropolitains. Après avoir décrit les principales installations existantes, nous rechercherons, d'une manière générale, quels sont les avantages et les inconvénients des divers systèmes qui peuvent être adoptés.

## Viciation de l'atmosphère et élévation de température.

Lorsque la traction à vapeur est employée sur les chemins de fer métropolitains, on cherche généralement à améliorer les conditions de la combustion à la traversée des tunnels.

Nous avons indiqué, précédemment, les conditions réalisées sur l'ancien métropolitain à vapeur de Londres. Nous verrons, également, quelles sont les mesures qui ont été prises, à Paris, par la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans, pour diminuer la viciation de l'atmosphère dans les parties souterraines du prolongement de la ligne de Sceaux vers le Luxembourg, où les convois sont remorqués par des locomotives à vapeur.

Avec la traction électrique employée dans les métropolitains souterrains à trafic intensif, la principale cause de *viciation* de

Digitized by Google

l'air des tunnels est due au grand nombre de voyageurs transportés journellement et dont la respiration dégage dans l'atmosphère de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, ainsi que des produits organiques qui sont certainement toxiques, bien que leur nature soit encore mal connue.

Ce sont ces produits organiques qui rendent dangereuses les atmosphères confinées.

La présence constante d'un grand nombre de personnes dans les tunnels est aussi une des causes de l'*élévation de la température*, dans les métropolitains souterrains.

Mais nous voyons, d'autre part, que l'énergie dépensée pour la traction doit vaincre les frottements de roulement pendant la marche des convois; l'énergie dépensée pour accélérer la vitesse aux démarrages est absorbée par des frottements de glissement au moment des freinages.

Tous ces frottements dégagent des quantités de chaleurs considérables, et c'est assurément là, le facteur principal de l'élévation de la température.

Nous le constaterons, d'ailleurs, par la suite, en remarquant que la viciation de l'atmosphère et l'élévation de la température varient d'une façon tout à fait différente, dans les diverses régions d'une même ligne souterraine. Elles ne sont donc pas produites par les mêmes causes.

Dans les tunnels des métropolitains, on observe également, d'une manière générale, qu'il y a production de *poussières*, en proportions parfois considérables. Elles proviennent, en partie, de l'usure produite par les frottements. Lorsque la voie est ballastée, la présence du ballast en augmente la quantité.

Ces poussières métalliques et siliceuses très ténues peuvent rester en suspension dans l'air, fortement agité au moment du passage des trains, et devenir ainsi l'origine d'affections des organes respiratoires.

En ce qui concerne plus particulièrement l'élévation de la température, nous remarquerons que l'influence de la température du sol est plutôt régulatrice, puisqu'elle est inférieure à celle de l'extérieur en été, et supérieure en hiver, bien qu'elle varie un peu, suivant les saisons, lorsque l'on se trouve à une faible profondeur comme c'est le cas pour les lignes métropolitaines.

Nous devons, maintenant, considérer que les parois maçonnées des tunnels sont mauvaises conductrices de la chaleur, et

Digitized by Google

qu'il en est de même du terrain environnant, dans des proportions variables avec la nature du sol.

Toutes ces masses, mauvaises conductrices, sont susceptibles d'emmagasiner des quantités énormes de chaleur qu'elles restituent lorsque l'atmosphère se renouvelle, formant en quelque sorte volant de chaleur et empêchant la température de s'abaisser notablement si la ventilation n'est pas très énergique.

Dans ce cas, les parois des souterrains sont, non seulement, échauffées, mais le sol lui-même reste à une température élevée, à une profondeur assez grande en arrière des parois, ainsi que cela a été constaté directement par l'expérience, à Londres, aux tunnels du Central London.

Quelles sont les limites admissibles pour la viciation de l'atmosphère et l'élévation de la température, à l'intérieur des tunnels des métropolitains ?

Nous avons indiqué précédemment les chiffres fixés par la Commission anglaise, nommée en 1895, pour étudier la ventilation du métropolitain à vapeur de Londres. La Commission anglaise indiquait une proportion maximum de 0,15 0/0 d'acide carbonique, soit 150 litres pour 100 m³ d'air. Mais ces chiffres s'appliquent au cas d'une ligne métropolitaine à vapeur ayant des sections aériennes importantes.

Pour les lignes métropolitaines électriques entièrement souterraines ou comportant des tunnels de grande longueur, il y a lieu d'admettre des limites moins élevées. Nous avons vu, dans la première partie de cette communication, que les hygiénistes indiquent, pour les atmosphères confinées, des proportions d'acide carbonique assez faibles, sans doute à cause des gaz toxiques qui l'accompagnent habituellement, et que ces proportions varieraient de 0,07 à 0,1 0/0, soit 70 à 100 l par mètre cube d'air.

D'après le docteur Armand Gautier, « une atmosphère confinée contenant plus de 100 l d'acide carbonique pour 100 m³ d'air est malsaine ou peu saine ». C'est aussi la conclusion à laquelle vient d'arriver la commission d'hygiène industrielle qui f--ctionne au Ministère du Commerce, sous la présidence de M le professeur Haller. Cette limite de 100 l semble donc p voir être admise (1). Elle correspond à une proportion de

En Angleterre, on paraît disposé à admettre des limites de viciation encore moins é ées. Le rapport rédigé à la suite des expériences entreprises en 1902 à Londres, pour l ondon County Council, conclut à une proportion maxima de 80 l d'acide carbonique p 100 m³ d'air à l'intérieur des voitures.

70 l d'acide carbonique d'origine respiratoire, l'air normal en contenant environ 30 l.

En ce qui concerne les élévations de température, nous n'avons trouvé aucune indication permettant de préciser, quelque peu les conditions à réaliser. Il faudrait évidemment fixer une limite pour la température la plus élevée à l'intérieur des tunnels, suivant l'état hygrométrique de l'air. Il faudrait également en fixer une autre pour la plus grande différence admissible entre cette température et celle de l'air extérieur, et c'est peut-être cela qui serait le plus nécessaire.

Les voyageurs sont, en effet, soumis à des variations de température qui peuvent être dangereuses, notamment en hiver, car en quittant les tunnels des métropolitains, on se trouve soumis brusquement au froid extérieur et dans les conditions les plus défavorables, si l'on sort d'une atmosphère viciée, humide et surchauffée.

Toutes ces questions ne peuvent être tranchées que par les hygiénistes, et il serait désirable que l'on fût mieux fixé sur les conditions d'exploitation des métropolitains souterrains compatibles avec les exigences de l'hygiène.

## Différents systèmes de ventilation applicables aux tunnels des Métropolitains.

Lorsqu'on doit recourir à la ventilation mécanique pour l'aération des métropolitains souterrains, on se trouve à certains égards dans des conditions plus favorables que pour la ventilation des tunnels de chemins de fer, puisque la profondeur relativement faible des lignes métropolitaines au-dessous du sol permet d'établir des communications nombreuses et rapprochées entre l'atmosphère des tunnels et l'air extérieur.

On a compté souvent, au début de l'exploitation des lignes métropolitaines, que les mouvements de l'air produits par le passage des convois dans les tunnels détermineraient des rentrées d'air pur suffisantes par les couloirs d'accès des stations ou par des ouvertures spéciales ménagées à cet effet.

Mais les convois ne déplacent nullement l'air à la manière de pistons, comme on pourrait le penser.

Voici ce que l'on observe, dans une section de tunnel à double voie parcourue par un train :

Digitized by Google

Dans son ensemble, l'atmosphère du tunnel reste à peu près stagnante, l'air chassé par la tête du train s'échappe latéralement pour passer immédiatement à l'arrière, et, dans la section qui reste libre autour du convoi, on observe un courant d'air en sens inverse de la marche du train. Il se produit des mouvements d'air tourbillonnaires qui ont été analysés avec soin par M. Albert Lévy, dans les tunnels du métropolitain de Paris ; nous indiquerons plus loin les résultats de ces intéressantes expériences.

Le mouvement des trains ne produit donc pas d'effet utile au point de vue de la ventilation.

Dans les souterrains à voie unique, avec une section transversale strictement suffisante pour le passage des convois, il y a bien un déplacement général de l'air dans le sens de la marche des trains. Mais des mouvements tourbillonnaires analogues ralentissent la vitesse du courant d'air, et les effets en sont contrariés, d'autre part, par les remous qui se produisent aux stations, par suite des communications qui existent en ces endroits, entre les souterrains des deux voies.

On pourrait établir, a priori, un classement rationnel des différents systèmes de ventilations applicables aux métropolitains souterrains.

On envisagerait, par exemple, les solutions possibles pour ventiler pendant les heures de service des trains, ou seulement la nuit, lorsque la circulation des convois est interrompue, le courant d'air de la ventilation étant produit par aspiration d'air vicié ou par refoulement d'air pur dans le tunnel. Ces types généraux d'installation seraient ensuite subdivisés par catégories, en raison des conditions d'établissement et d'exploitation fort différentes qui peuvent être considérées.

Un tel classement ne présenterait pas grand intérêt, il serait compliqué et nécessairement arbitraire, et il nous semble préférable de procéder différemment.

Nous pensons que, dans l'état actuel de la question, il vaut mieux s'appuyer uniquement sur des faits et sur des résultats d'expérience, pour en tirer des conclusions générales. Nous décrirons donc, tout d'abord, les principales installations existantes, sans nous astreindre à un ordre méthodique.

Nous commencerons par les lignes métropolitaines de Londres, puis nous étudierons les conditions d'aérage et la ventilation des métropolitains souterrains de quelques grandes villes des États-

Digitized by Google

Unis: New-York, Boston, Baltimore, pour terminer par les lignes métropolitaines de Paris.

Nous verrons ensuite quelles sont les conclusions qui paraissent se dégager de l'étude de ces divers métropolitains en recherchant d'une manière très générale les avantages et les inconvénients des principaux systèmes qui peuvent être envisagés.

Les figures ci-contre représentent à une même échelle les coupes transversales de quelques métropolitains souterrains.

## Ventilation des lignes métropolitaines de Londres.

Les lignes métropolitaines de Londres forment un réseau très développé, exploité par un certain nombre de Compagnies.

Il y a tout d'abord *l'ancien métropolitain à vapeur*, ou Inner Circle, dont la construction remonte à une quarantaine d'années, et pour lequel on vient d'adopter la traction électrique, car les conditions d'aérage étaient des plus défectueuses avec la traction à vapeur.

La ligne à double voie normale est en tranchée et en tunnels; elle formait primitivement un anneau fermé de 21 km de développement total, analogue à notre chemin de fer de ceinture, mais avec cette différence que la ligne dessert certains quartiers du centre de la ville, et que la proportion des tunnels par rapport aux tranchées y est, par suite, bien plus grande.

L'Inner circle appartenait autrefois à deux Compagnies, le Metropolitan Railway, au nord, et le District Railway, au sud.

Mais il y circulait également des trains provenant des autres lignes qui venaient s'y raccorder, de sorte qu'en certains endroits le nombre des trains était considérable.

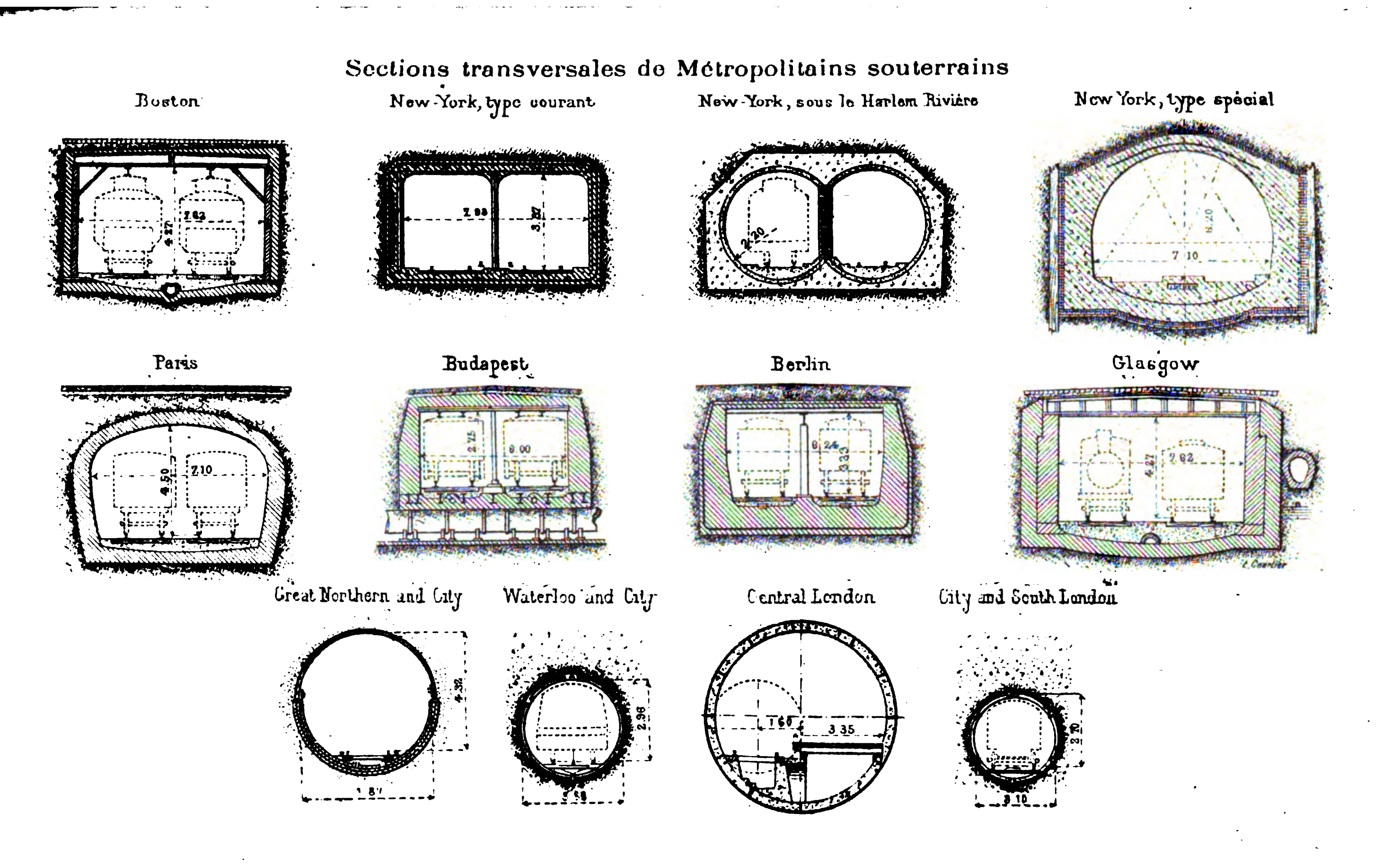
Le réseau du métropolitain à vapeur s'est ensuite développé : à la boucle intérieure de l'ancien Inner Circle d'autres circuits extérieurs fermés sont venus se souder, traversant des quartiers plus excentriques; diverses ramifications vont aussi desservir des faubourgs éloignés, et la longueur totale des lignes exploitées par les deux Compagnies dépassait 100 km.

Elle atteint, en effet, 66 km pour le Metropolitan Railway e 39,5 km pour le District Railway.

Mais l'exploitation est faite maintenant par une seule comp gnie, l'Underground Electric Railways C°, qui a installé la tra

Digitized by Google

## Sections transversales de Métropolitains souterrains




Digitized by Google

tion électrique, et qui exploite également d'autres lignes électriques souterraines profondes, du type des « tubes » construits à Londres dans ces dernières années. Le réseau de l'Underground aura 160 km environ lorsque les nouvelles lignes projetées seront construites. La première, celle du Baker Street and Waterloo Railway a été ouverte à l'exploitation l'année dernière, et l'on vient de terminer la seconde, celle du Great Northern, Piccadilly and Brompton, qui a été ouverte à l'exploitation en décembre 1906,

De 1890 à 1904 il a été construit, par diverses Compagnies, quatre autres lignes de tubes, actuellement exploitées.

Ce sont des tunnels à section circulaire avec revêtement en fonte, exécutés au bouclier. Chaque tunnel est à voie unique; les deux voies de chaque ligne sont donc dans deux tubes différents, disposés généralement l'un à côté de l'autre, mais aussi parfois l'un au-dessus de l'autre, sous certaines rues plus étroites. Ces tubes sont souvent à une grande profondeur; les stations sont alors desservies par des ascenseurs.

Nous étudierons successivement les conditions d'aération et la ventilation de l'ancien métropolitain, puis la ventilation des lignes de tubes de Londres.

### Ancien métropolitain a vapeur.

Avec la traction à vapeur, l'atmosphère des souterrains était extrêmement viciée, surtout dans la partie nord où le trafic est très intense. Le nombre des trains montants et descendants s'élevait à trente-huit par heure entre 9 et 10 heures du matin et entre 5 et 6 heures du soir.

De King Cross à Edgware Road, la ligne est entièrement souterraine, avec une rampe de 10 mm par mètre entre King Cross et Portland Road.

Dans la partie sud de l'Inner Circle, c'est la station souterraine de Saint-James Park à Westminster qui était la plus mauvaise au point de vue de l'aération.

Pour diminuer la production des fumées et des gaz de la combustion, les locomotives brûlaient du charbon, dit sans fumée, du Pays de Galles. De plus, la vapeur d'échappement des machines était condensée dans des bâches latérales à la chaudière pendant la traversée des souterrains. C'est dans ces conditions que l'on a pu obtenir les conditions de combustion relativement

Digitized by Google

satisfaisantes indiquées précédemment. Afin d'améliorer la situation, on avait également ménagé des ouvertures, au sommet de la voûte, dans quelques sections mal ventilées, et l'on avait installé deux ventilateurs, l'un près de la Tour de Londres, et l'autre à Witechapel.

Ces ventilateurs aspiraient l'air vicié du tunnel, et le rejetaient au dehors, mais leur débit était tout à fait insuffisant. C'est ainsi que le ventilateur de la Tour de Londres ne pouvait extraire que 23 m³ d'air par seconde à la vitesse de 60 tours, tandis qu'il aurait fallu un débit quatre fois plus fort pour ventiler convenablement cette partie du tunnel.

Le ventilateur de Witechapel était aussi beaucoup trop faible.

L'atmosphère des tunnels était très viciée, si l'on en juge par les proportions d'acide carbonique relevées par la Commission anglaise nommée en 1895 par le Board of Trade, afin d'examiner les conditions d'aération du métropolitain de Londres.

On aurait trouvé, en effet, au *Metropolitan Railway* (partie nord du métropolitain) :

Entre Kings Cross et Gower Street, une proportion d'acide carbonique atteignant 3,89 0/00 vers le milieu du tunnel. La longueur de ce souterrain est de 1 100 m; sur cette longueur on a ménagé dans la voûte cinq ouvertures de 6,45 m²; il existe une autre ouverture latérale, vers le milieu, ayant 9,45 m².

Entre Gower Street et Portland Road, sur 533 m, sans ouvertures intermédiaires, sauf celles des stations extrêmes, la proportion d'acide carbonique atteint 7,8 0/00.

Entre Portland Road et Baker Street, sur 855 m de longueur, avec trois ouvertures intermédiaires de 6,45 m², on arrive à une proportion d'acide carbonique de 6,11 0/00.

De Baker Street à Edgware Road, sur 715 m de longueur, avec deux ouvertures de 6,45 m², la proportion d'acide carbonique aurait atteint 5,21 0/00.

Sur les quais des stations on a trouvé :

A Portland Road, 6,75 0/00 d'acide carbonique;

A Gower Street, 8,94 0/00 avec 0,66 0/00 d'oxyde de carbone.

Sur le *District Railway* (partie sud du métropolitain) on aurait trouvé :

De Saint-James Park à Westminster, où il n'y a aucune ouverture, une proportion d'acide carbonique de 7 à 8 0/00.

Digitized by Google

Dans la section suivante, de Westminster à Blackfriars, où l'on a de larges ouvertures avec des stations à ciel ouvert, la proportion d'acide carbonique atteignait encore 3 à 4 0/00 en certains endroits.

Tous ces chiffres sont bien supérieurs à la proportion maximum de 1,5 0/00 admise par la Commission anglaise, pour la totalité des gaz carboniques, acide carbonique et oxyde de carbone, contenus dans l'atmosphère des tunnels. Et, d'autre part, la proportion de 0,66 0/00 d'oxyde de carbone relevée sur les quais de la station de Gower Street paraît tout à fait anormale, et serait assurément dangereuse.

Il est vrai que nous trouvons dans un rapport du docteur Clowes, publié dans le *Journal de la Société des Industries chimiques de Londres*, des résultats d'analyses d'air qui accusent des proportions d'acide carbonique bien moins élevées. On aurait, pour 100 m³ d'air, sur le District Railway (de Mansion House au Temple) 151 l d'acide carbonique, sur le Metropolitan Railway (d'Edgwar Road à Portland Road) 160 l, sur le Metropolitan Railway (de Baker Street à Gower Street) 288 l. Or, sur le quai de la station de Gower Street, les analyses précédentes indiquaient une proportion de 8,94 0/00 d'acide carbonique, soit 894 l pour 100 m³ d'air !

Ces différences sont assez déconcertantes et il semble difficile de se les expliquer.

Néanmoins, même en admettant les chiffres du docteur Clowes, on en arrive à conclure que l'atmosphère de l'ancien métropolitain à vapeur était viciée d'une façon anormale.

La Commission du Board of Trade préconisait un système de ventilation mécanique dans lequel un matériel de ventilation serait installé au milieu de chaque section comprise entre deux stations consécutives pour aspirer l'air vicié du souterrain, les rentrées d'air pur se faisant par les stations.

L'air vicié devait être rejeté au-dessus du toit des immeubles voisins par des cheminées d'une section égale à celle du tunnel.

La puissance du matériel de ventilation aurait été déterminée d'après la quantité d'air pur A qui doit pénétrer dans les souterrains pour que la proportion d'acide carbonique qui vicie l'atmosphère reste inférieure à la limite fixée $C = 0{,}12\ \%_0$. Cette proportion comprend 0,15 d'acide carbonique total avec les 0,03 $\%_0$ qui existent normalement dans l'air extérieur.

Digitized by Google

La quantité d'air pur A aurait été calculée par la formule empirique :

$$A = 0,043 \frac{Q N L}{C}$$

dans laquelle :

Q est la consommation de charbon par km;
N le nombre de trains par heure;
L la longueur du tunnel en km.

Pour une distance moyenne des stations de 800 m, avec Q = 8,5 km, N = 35, L = 0,800 et C = 0,12, on trouve A = 85 m³ environ.

Ces installations furent trouvées trop dispendieuses; actuellement, avec la traction électrique, les conditions d'exploitation sont toutes différentes et évidemment bien meilleures. Il serait cependant intéressant de connaître par des analyses d'air précises la composition de l'atmosphère des tunnels du métropolitain.

### Tramways Électriques Souterrains ou Tubes de Londres

Les différentes lignes de tubes actuellement exploitées ne sont pas toutes ventilées. Nous indiquerons pour chacune d'elles ce qui a été fait, et les conditions dans lesquelles elles se trouvent au point de vue de l'aérage, d'après les renseignements que nous avons pu recueillir à ce sujet.

### City and South London.

La première de ces lignes est celle du City and South London, qui a été ouverte à l'exploitation en 1890 sur la section de London Bridge à Stockwell. Elle s'étend suivant une direction générale Sud-Nord de Clapham Common à Angel Station. La ligne sera raccordée ultérieurement aux grandes gares de la région Nord de Londres, Kings Cross, Saint-Pancras et Euston.

C'est une ligne très profonde. Le diamètre intérieur des deux bes à voie unique est de 3,20 m seulement, et la section ansversale libre de chaque souterrain n'est que de 8 m² envion, soit 1,4 seulement de la section des convois.

Aussi pensait-on que ces derniers formeraient piston à l'intéeur des tubes, et que le mouvement des trains assurerait

Digitized by Google

convenablement l'aérage des tunnels, en provoquant des rentrées d'air pur par les stations.

En réalité, les conditions d'aération de cette ligne sont assez médiocres.

Pendant l'année 1902 un ventilateur fut installé à la station de Bond Sreet. On constate bien qu'il y a des appels d'air extérieur par les courants d'air que l'on observe dans les couloirs des stations, cependant l'air n'est pas suffisamment renouvelé, « car il a une odeur de renfermé et il est très désagréable à respirer. »(1)

Les expériences effectuées en 1902 pour le London County Council ont montré que l'on pouvait avoir 142 l d'acide carbonique pour 100 m³ d'air à l'intérieur de voitures vides.

### Waterloo and City.

La ligne a été ouverte à l'exploitation en 1898 ; elle a 2 500 m de longueur, de la gare terminus de Waterloo du South Western Railway jusqu'à la Banque. Il n'y a pas de station intermédiaire.

Le diamètre intérieur des tubes est un peu plus grand qu'au City and South London. Il est ici de 3,66 m.

Aucune installation de ventilation mécanique n'a été prévue. D'après les renseignements qui nous ont été fournis par M. J. W. Jacob Hood, ingénieur de la Compagnie, l'aérage de ce tunnel serait satisfaisant. Il n'aurait pas été fait d'expériences au sujet de la température et de la pureté de l'air à l'intérieur du souterrain.

### Central London.

C'est une ligne dont la direction générale va de l'est à l'ouest et qui dessert les quartiers du centre de la ville. Elle a été ouverte à l'exploitation en 1900. Sa longueur est de 9 600 m, de Shepherds Bush à la Banque. Elle passe sous Oxford Street. La ligne est généralement très profonde. En certains endroits elle se trouve à 31 m au-dessous du niveau de la chaussée. Les stations sont desservies par des ascenseurs électriques.

(1) Extrait du rapport de M. Rosenbusch, cité plus loin, à propos de la ventilation du Baker Street et Waterloo Railway.

Digitized by Google

Chaque voie est établie dans un tube séparé.

Le diamètre intérieur des tubes est de 3,45 m. Il est de 6,35 m aux stations sur 112,50 m de longueur.

Par suite de la grande profondeur de la ligne, il a été relativement facile d'adopter pour le profil en long la disposition dite des plans automoteurs. La plate-forme de la voie, aux stations, est établie à 3 m au-dessus du niveau de la plate-forme entre les stations.

Une pente de 33 mm par mètre sur 90 m de longueur facilite le démarrage au départ, une rampe de 16 mm par mètre sur 180 m de longueur supprime ou réduit les freinages en arrivant à la station suivante.

Lors de l'établissement du Central London Railway, on n'avait prévu aucune installation de ventilation, en comptant encore sur le mouvement des trains pour assurer l'aération du tunnel. Mais l'expérience a montré que la ventilation mécanique était nécessaire. Les installations de ventilation datent de 1902.

Comme cette ligne souterraine profonde était ouverte à l'exploitation, on a cherché à modifier le moins possible les aménagements des stations, et à éviter des travaux coûteux en d'autres points de la ligne.

Au niveau inférieur des couloirs d'accès des stations, on a établi des portes battantes analogues à celles qui sont employées dans les mines. A la station terminus de la Banque seulement les couloirs d'accès ont été laissés ouverts.

A l'extrémité opposée de la ligne, du côté de Shepherds Busch, on a installé un grand ventilateur de mine, du type Guibal qui est mis en action chaque nuit, lorsque le trafic a cessé et que tous les trains sont garés.

Toutes les portes battantes des stations sont fermées, et l'air est aspiré à travers tout le tunnel, depuis la Banque jusqu'à Shepherds Bush.

Le ventilateur de Shepherds Bush a 6,10 m de diamètre et 1,52 m de largeur; à la vitesse de rotation de 145 tours, il peut aspirer 47 m³ environ par seconde, la puissance nécessaire étant de 300 chevaux.

D'après les renseignements qui nous ont été fournis par M. G. C. Cunnigham, general manager du Central London Railway, on peut produire ainsi un courant d'air d'une vitesse supérieure à 3 m par seconde et ce courant d'air est suffisant pour renouveler trois fois l'atmosphère des tunnels de chaque voie

Digitized by Google

pendant les heures de nuit où le trafic est interrompu et où le ventilateur est mis en marche.

Le trafic recommence donc le matin avec de l'air pur dans les tunnels.

Le ventilateur est également mis en marche au milieu de la journée, pendant quelques heures, au moment du plus faible trafic. Les portes des stations sont alors maintenues ouvertes. On ventile ainsi très bien la station terminus de Shepherds Bush, et l'action du ventilateur se fait un peu sentir dans les tunnels les plus voisins.

Il est actuellement question de compléter la ventilation des tunnels du Central London.

On a effectué des analyses d'air, en 1902, pour le London County Council, et nous extrayons les renseignements suivants du rapport du docteur Clowes, publié dans le *Journal de la Société des Industries chimiques de Londres :*

» En général, la proportion d'acide carbonique est plus élevée » dans l'air des voitures, la moyenne a été de 118 l pour » 100000, le maximum de 147 et le minimum de 96. Dans ce » dernier cas, la voiture était à vide.

» Au même moment dans l'air extérieur, c'est-à-dire dans la » rue, la proportion d'acide carbonique était de 36 l pour 100000.

» Dans les ascenseurs et dans les stations, on a trouvé » comme moyenne d'acide carbonique 105, comme maximum » 157 et comme minimum 74. Dans les tubes, la moyenne a été » de 95, avec un maximum de 104 et l'on a remarqué que la » proportion d'acide carbonique allait en diminuant d'une ma- » nière régulière en s'éloignant de la Banque.

» Tous ces résultats ont été obtenus avec des échantillons » recueillis entre 11 heures du matin et midi. Quelques » autres, pris dans le tunnel à minuit et à 4 heures du » matin, ont montré que le système de ventilation donnait des » résultats réels.

» Ainsi les échantillons recueillis ont donné respectivement » 86, 74 et 103 d'acide carbonique, tandis que les chiffres cor- » respondants pour les prises faites quatre heures plus tard, ont » donné 68, 45 et 44. »

La température des tunnels varie très peu dans le courant de l'année.

M. Cunnigham nous a indiqué qu'elle se maintient en hiver à 20°5 environ, et qu'elle serait de 22°8 en été.

Digitized by Google

Ces températures sont analogues à celles que l'on observe dans les souterrains de notre métropolitain électrique. A Paris, l'écart moyen des températures d'hiver et d'été paraît un peu plus fort (3 degrés au lieu de 2 degrés environ), ce qui tient sans doute à la moindre profondeur de nos lignes au-dessous du sol.

Au Central London, l'argile qui entoure les tunnels absorbe la chaleur dans une proportion considérable. C'est ainsi que le thermomètre a accusé une température de 18°4 à 1,22 m en arrière du parement du tunnel; la température serait encore de 16° 7 à 2,44 m de profondeur.

Il serait intéressant de pouvoir faire des comparaisons entre les tunnels du Central London et ceux du Métropolitain de Paris, avec des prélèvements d'air effectués au même moment de la journée, et des graphiques horaires de températures qui permettraient de se rendre compte des variations du thermomètre dans une même journée et suivant les saisons.

Il paraît résulter des chiffres qui précèdent que les conditions sont à peu près les mêmes dans les deux cas. D'ailleurs, en ce qui concerne notre métropolitain, nous constaterons que l'atmosphère est assez bien renouvelée dans la plupart des tunnels, par la ventilation naturelle qui s'établit pendant la nuit. Il y a donc, à ce point de vue, une certaine analogie entre ces deux métropolitains, qui sont très différents à tous autres égards.

Nous pensons donc que l'opinion de M. Rosenbusch peut être admise, lorqu'il dit, qu'au Central London : « Il est incontestable que l'air est beaucoup meilleur qu'avant la mise en service du ventilateur, mais on peut remarquer que la pollution va continuellement en augmentant du matin au soir, et que souvent aux heures avancées de la soirée, après une journée de trafic intense, l'air laisse beaucoup à désirer ».

C'est évidemment un défaut commun à tous les systèmes de ventilation où le renouvellement de l'air ne s'effectue pas d'une façon continue, mais seulement de nuit, pendant les heures où le trafic est interrompu.

### Great Northern and City.

Cette ligne construite en 1904, sur une longueur de 5 500 m, .rt de Finsburg Park, au nord, pour arriver auprès de la ınque.

Digitized by Google

Elle suit, sur 1 600 m, la ligne du City and South London, mais les souterrains sont distincts. Il y a seulement une gare commune à la station d'Old Street et un escalier de communication à Moorgate Station.

La station de Drayton Park est aérienne, le plus long tunnel de la ligne s'étend de cette station à Moorgate, sur 4 200 m environ.

Les tubes de chaque voie ont un diamètre intérieur de 4,88 m, leur section est donc notablement supérieure à celle des autres tubes de Londres, ce qui tient à ce que l'on avait primitivement l'intention d'y faire circuler les trains à gabarit normal des chemins de fer du Great Northern Railway. La section transversale libre du tunnel est égale à 1,8 de celle des convois.

Il n'y a pas d'installation de ventilation mécanique, sauf à la station de Pool Street, c'est-à-dire, vers le milieu du grand souterrain de 4 200 m où un ventilateur électrique de 1,83 m de diamètre a été installé. Il peut refouler, dans les tunnels, envi-environ 8 m³ d'air pur par seconde. Il n'est mis en marche qu'aux heures d'affluence, de huit à dix heures du matin et de cinq à huit heures du soir.

Notons également qu'il existe un puits d'aérage entre les stations d'Essex Road et d'Old Street. En cet endroit, on a utilisé pour l'aération le puits où se trouvent les câbles électriques qui vont de l'usine de force motrice au souterrain. Il n'a pas été créé sur cette ligne d'autres puits ou galeries d'aérage.

## Baker Street and Waterloo.

Cette ligne fait partie du réseau de l'Underground Electric Railway C°, qui exploite le métropolitain de Londres ; elle a été ouverte à l'exploitation dans les premiers mois de 1906. Sa longueur est de 8 500 m environ. Le diamètre intérieur des tubes de chaque voie est de 3,56 m en alignement. Il est de 6,46 aux stations.

La ventilation mécanique prévue lors de la construction a été étudiée de manière à ventiler les tunnels d'une façon continue.

On s'est proposé de renouveler l'air dans les stations en y faisant pénétrer constamment de l'air pur par suite de l'aspiration continue de l'air vicié. C'est le mouvement des trains qui compléterait cette ventilation pour les parties de tunnels comprises entre deux stations consécutives.

Digitized by Google

Les renseignements qui suivent sont extraits du rapport de M. G. Rosenbusch, publié par l'*Engineering* (1).

On voit sur les figures de la page 140 qui se rapportent à la station de Waterloo, que le ventilateur disposé à la partie supérieure du bâtiment de la station aspire l'air vicié pris au niveau du dessous des quais par un caniveau ménagé sous le couloir d'accès; ce caniveau est prolongé par une conduite verticale d'aspiration disposée au centre de la cage d'escalier de la station. L'air vicié est ainsi rejeté au dehors à une hauteur suffisante.

Il se produit des rentrées d'air pur dans la station par les sections libres des escaliers. L'air se trouve donc constamment renouvelé sur les quais dans la partie comprise entre les sections d'entrée d'air pur et les prises d'air vicié sous les quais.

On a préféré avoir un courant d'air pur descendant. pénétrant dans les stations par les sections libre des couloirs d'accès, l'air vicié étant aspiré par des caniveaux de section bien plus réduits, plutôt que d'adopter la solution inverse, afin que les trains qui pénètrent dans les stations ne provoquent pas des refoulement d'air pur par les sections des couloirs d'accès qui sont bien plus vastes que celles des caniveaux.

L'aspiration d'air vicié par les couloirs d'accès aurait présenté d'autre part des inconvénients sérieux pour les voyageurs qui s'y trouvent. Et ces inconvénients seraient d'autant plus graves qu'il faut prévoir les cas d'incendie où l'on devrait évacuer au dehors des fumées et des gaz irrespirables sans qu'il en résulte aucune gêne pour la sortie des voyageurs.

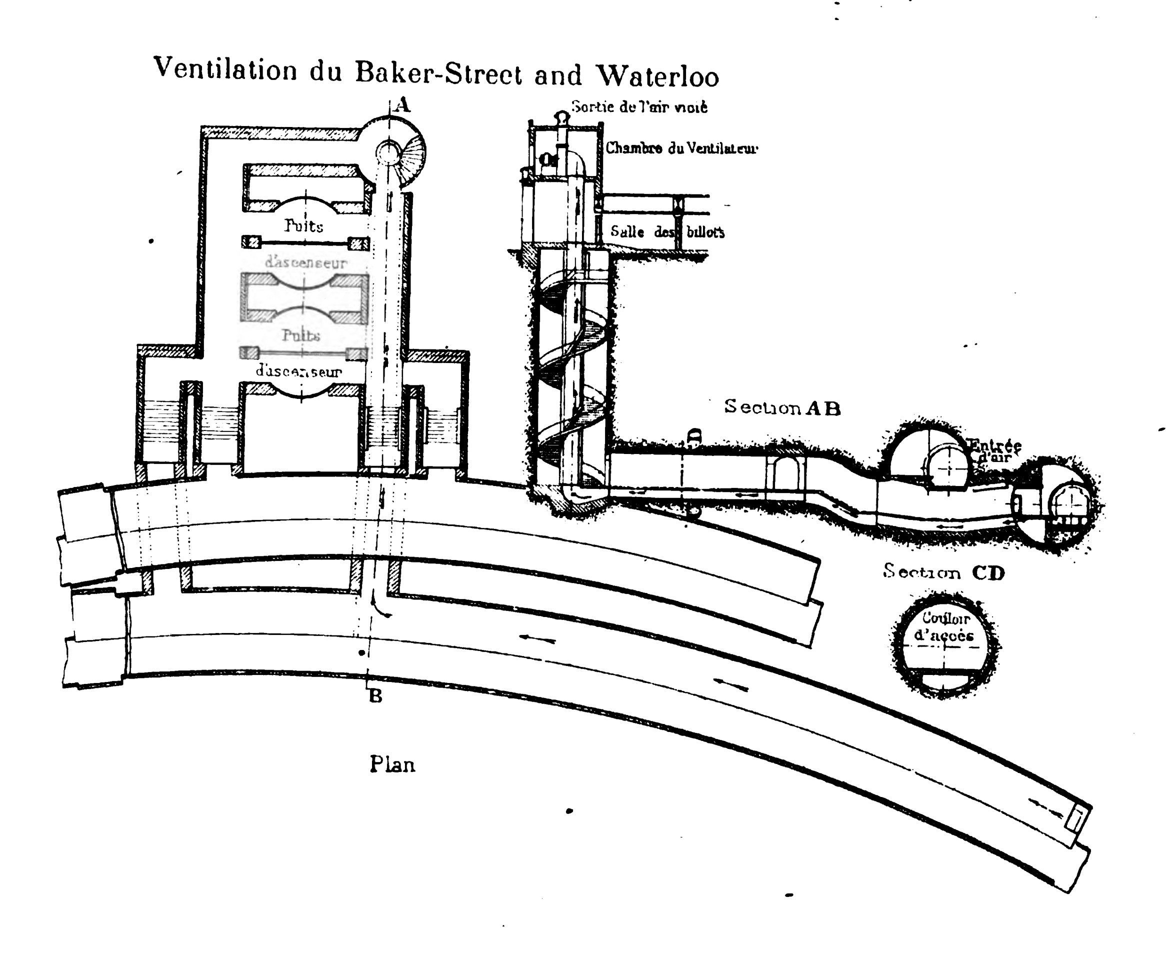
Le ventilateur de chaque station est capable d'apirer 8 $m^3$ environ par seconde. Comme le parcours de l'air aspiré est relativement court, et que la section d'aspiration varie de 1,11 $m^3$ à 1,49 $m^3$, il n'est pas nécessaire que la pression, ni la vitesse de l'air soient bien grandes, ce qui donne un bon rendement pour le ventilateur.

Les sections réunies des couloirs d'accès étant beaucoup plus grandes que celles des caniveaux d'aspiration, la vitesse de l'air n'est pas suffisante pour incommoder les voyageurs. Le fonctionnement du ventilateur est à peu près silencieux.

Nous donnons ci-après les résultats des essais du ventilateur de la station de Waterloo, effectués le 17 octobre 1905 :

(1) Cette étude a été traduite dans le *Bulletin du Congrès international des chemins de fer*, numéro d'avril 1906.

Digitized by Google




Digitized by Google

| | |
|---|---|
| Tension aux bornes du moteur . . . . . . | 557 volts. |
| Intensité . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 ampères. |
| Puissance en chevaux électriques, au moteur. | 8.95 |
| Nombre de tours du ventilateur par minute. | 242 |
| Hauteur de l'eau du manomètre à l'entrée du ventilateur (1,2 pouce) . . . . . . . . . | 30,5 mm. |
| Volume d'air passant par minute (18 250 pieds cubes). | 516,8 $m^3$. |
| Chevaux heure par million de pieds cubes (28 315 $m^3$) . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8,1 |

Il est certainement avantageux pour les voyageurs de trouver de l'air pur sur les quais des stations. De plus, la composition de l'air des voitures s'en ressent, car c'est dans les stations que se font les manœuvres de portes de ces voitures.

Nous voyons qu'au point de vue de la dépense cette solution a permis d'éviter la création de puits spéciaux ou de cheminées d'aérage.

Mais peut-on compter sur le mouvement des trains pour entrainer l'air pur des stations en proportion convenable dans les tunnels? Il est permis d'en douter; tout au moins c'est un point qui ne peut être éclairci que par des analyse de l'air des tunnels.

M. Rosenbusch fait d'ailleurs remarquer dans son rapport que l'on ne sera certain du succès définitif du système que lorsque les trains auront circulé pendant un temps assez long.

### Great Northern, Piccadilly and Brompton.

Comme la précédente, cette ligne fait partie du réseau de l'Undergrund Electric Railway Company.

Elle a été ouverte à l'exploitation le 15 décembre 1906.

Sa longueur est de 15 700 m. La partie ouest de la ligne qui dessert des districts suburbains est aérienne; mais elle devient souterraine dans les quartiers du centre de la ville, et la profondeur des tunnels atteint jusqu'à 37,50 m.

Le diamètre des tubes de chaque voie, dans les parties de la ligne en alignement, est de 3,56 m. Dans les stations, le diamètre des tubes est de 6,44 m. Nous avons décrit, dans une précédente communication, le système de bouclier à fouilles mécaniques employé pour l'exécution de ces travaux (1).

(1) *Les tunnels tubulaires en terrains aquifères*, Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France, juin 1905.

Le profil en long de la voie est établi en rampe de 15,2 mm par mètre à l'arrivée aux stations, et en pente de 30,5 mm au départ, afin de réduire les freinages et de faciliter les démarrages.

Les trains sont espacés à une minute et demie seulement d'intervalle aux heures d'affluence.

Nous trouvons dans l'« Engincering News » (1) quelques renseignements intéressants sur la ventilation des tunnels de cette ligne.

Elle est assurée par 19 ventilateurs électriques échelonnés le long de la partie souterraine. Ils sont installés dans des bâtiments à la surface. Les ventilateurs aspirent l'air vicié des tunnels auxquels ils sont reliés par des galeries de 14,9 m² de section. L'air vicié est rejeté au dehors par une cheminée qui dépasse la partie supérieure du bâtiment du ventilateur.

Les ventilateurs ont 1,68 m de diamètre; ils sont actionnés par des moteurs électriques de 10 ch. A la vitesse de rotation de 250 tours, leur débit est de 8,7 m³ par seconde.

## Ventilation de quelques Lignes métropolitaines en Amérique.

Nous donnerons ci-après quelques renseignements sommaires sur les conditions d'aérage et sur la ventilation des lignes métropolitaines souterraines aux États-Unis.

### New-York. — *Chemin de fer électrique souterrain.*

Le chemin de fer électrique souterrain de New-York a 16 km de longueur environ.

La ligne à double voie est généralement à une faible profondeur au-dessous du niveau de la chaussée.

La section transversale du type courant est en tranchée couverte, avec une section rectangulaire de 7,93 m de largeur pour 3,97 m de hauteur libre sous plancher. Ce plancher est soutenu en son milieu par des poteaux verticaux disposés dans l'entrevoie. Il n'a pas été prévu d'installation de ventilation mécanique pour assurer l'aération des tunnels.

On pensait qu'il ferait frais en été à l'intérieur du souterrain et qu'il y ferait chaud en hiver. Il n'en est rien et l'on a observé

(1) *Engineering News*, numéro du 10 janvier 1907.

Digitized by Google

que la température de l'atmosphère du tunnel est toujours supérieure à celle de l'air extérieur.

La ventilation naturelle est absolument insuffisante, bien que le souterrain soit en communication avec l'extérieur par les ouvertures qui existent à chacune des stations. Et ces ouvertures sont cependant nombreuses, puisqu'il y a 30 stations avec 4 entrées et sorties par station, en moyenne, soit environ 120 ouvertures.

Des observations faites en juin 1905 ont montré que la température à l'intérieur des tunnels était de 3 degrés environ supérieure à celle de l'air extérieur.

Comme le climat de New-York présente des écarts de température très grands, suivant les saisons, et qu'en été le thermomètre monte souvent jusqu'à 38 degrés centigrades, on prévoit des températures qui atteindraient 41 degrés en été à l'intérieur du tunnel, si l'on ne refroidit pas l'atmosphère en insufflant au besoin dans le tunnel de l'air rafraichi par des procédés artificiels.

Il est évident que les conditions d'aération du métropolitain de New-York doivent être améliorées, et que le problème de la ventilation présente ici des difficultés particulières, par suite du climat.

*Park Avenue Tunnel, New-York City.*

Le chemin de fer de la Compagnie du New-York Central and Hudson River Railroad passe en tunnel sous l'avenue du Parc, sur une longueur de 3,2 km. Le souterrain est à deux voies sur 0,8 km et à quatre voies sur 2,4 km de longueur.

La partie à deux voies est en souterrain unique ; dans la partie à quatre voies, la section transversale est divisée par deux murs de séparation en un tunnel à double voie et deux tunnels à simple voie.

Dans cette région de la ligne, sur environ 1,6 km de longueur on a ménagé dans la couverture de vastes ouvertures de 6,10 m de largeur sur 45,72 m de longueur, entre les rues transversales qui débouchent sur l'avenue. Il y a en outre trois puits d'aérage de 6,10 m sur 7, 62 m de section.

Dans la partie de la ligne qui est en souterrain unique à deux voies, il y a des puits d'aérage de 1,22 m de diamètre espacés de 5,24 m de distance.

Aucune installation de ventilation mécanique n'ayant été

prévue, la ventilation naturelle s'est montrée tout à fait insuffisante avec la traction à vapeur qui avait été adoptée tout d'abord. A la suite des accidents qui ont eu lieu dans ce tunnel en 1891 et 1902, la ventilation mécanique a été mise à l'étude.

Mais la Compagnie du New-York Central and Hudson River Railroad a préféré remplacer la traction à vapeur par la traction électrique, qui permettra également d'accroître le trafic.

## Boston.

Les renseignements qui suivent sont extraits de l'étude déjà citée de M. Ch. Churchill sur la ventilation des tunnels.

La longueur de la ligne est d'environ 3 km. Elle comporte des sections à double voie et à quadruple voie.

L'aérage est assuré par des ventilateurs électriques disposés dans des chambres communiquant avec le souterrain et au milieu de la distance des stations.

Ces ventilateurs aspirent l'air vicié du tunnel et le rejettent généralement au-dehors par des ouvertures grillées ménagées dans les trottoirs des rues. En deux endroits, à Boston Common et à Kings Chapel de petits kiosques ont été construits au-dessus des puits d'aérage, de manière à rejeter l'air vicié au dehors à un niveau plus élevé au-dessus des trottoirs.

Les rentrées d'air par dans le tunnel se font par les stations.

On a représenté sur les figures ci-contre les dispositions correspondant à la section du souterrain à quadruple voie comprise entre la station de Park Street et celle de Boylston Street, distantes de 380 m. La section transversale du tunnel est de 65,7 m².

L'aération se fait par deux ventilateurs électriques de 2,44 m de diamètre, tournant à 225 tours par minute.

On a indiqué également les dispositions correspondant à la section du souterrain à double voie comprise entre la station de Park Street et celle de Scollay Square, distantes de 440 m. La section transversale du souterrain est de 30,8 m². Il est aéré par deux ventilateurs de 2,13 m de diamètre tournant à 225 tours par minutes.

Le débit des ventilateurs serait suffisant pour renouveler l'air des tunnels en dix minutes.

Digitized by Google

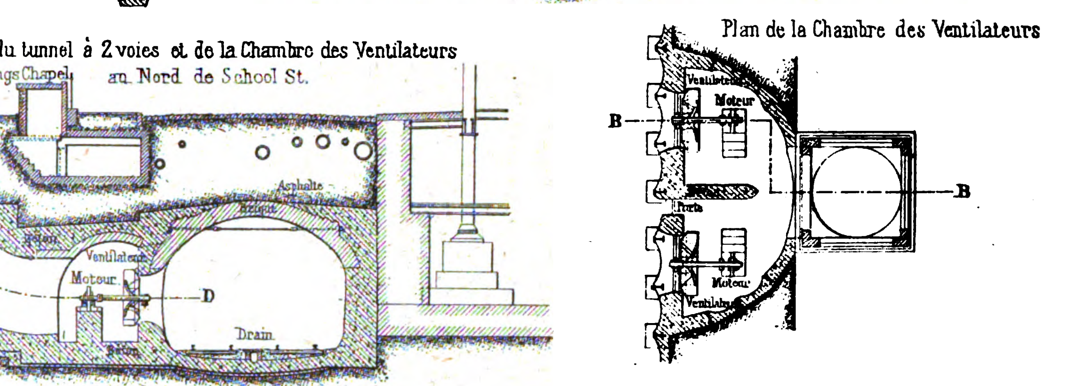
# Métropolitain de Boston

Plan de la Chambre des Ventilateurs

Ventilateur
Moteur
Moteur
Ventilateur
C
C

Section du tunnel à 4 voies et de la Chambre des Ventilateurs près West St.
Boston Common

A
A
Ventilateur
Moteur
Drain
Drain
Drain



BALTIMORE.

Le tunnel de Baltimore, sur le chemin de fer de Philadelphie à Baltimore et à Washington, se trouve sous la rue Wilson, à Baltimore, et il s'étend de l'avenue de Pensylvanie jusque vers l'avenue du Nord.

Nous trouvons, dans l'article de l'*Engineering* que nous venons de mentionner, quelques renseignements sur la ventilation de ce tunnel dont la longueur est de 1 128 m.

Au delà de son extrémité nord, se trouve une tranchée de 61 m suivie d'un autre tunnel de 288 m de longueur.

La partie sous la rue Wilson est en ligne droite, le reste est en courbe. La voie est en rampe de 13,5 mm dans la direction sud. Le souterrain est à double voie avec une section transversale de 41,2 m².

On emploie la traction à vapeur.

En 1892, un matériel de ventilation fut installé au coin de la rue Madison, à 445 m de l'extrémité sud du tunnel de 1 138 m.

L'installation se compose d'un ventilateur électrique de 4,57 m de diamètre, disposé à la partie inférieure d'une cheminée d'aérage, et qui aspire l'air vicié du tunnel pour le rejeter au dehors par cette cheminée, dont la hauteur est de 30 m avec une section de 16,9 m².

La vitesse de rotation du ventilateur est de 150 tours par minute.

Tant que cette installation a été seule, elle n'a pas été considérée comme suffisante. De plus, la suie qui se déposait contre les parois de la cheminée d'aérage, après avoir atteint une certaine épaisseur, était projetée au dehors et incommodait le voisinage.

On a donc couvert la tranchée de 60 m qui séparait les deux tunnels. On a eu ainsi un souterrain unique de 1 477 m de longueur. On a établi à 233 m de l'extrémité nord une deuxième installation de ventilation mécanique, comprenant deux ventilateurs qui aspirent l'air vicié du tunnel et le refoulent au dehors par une cheminée d'évacuation élevée.

Les ventilateurs ont 4,57 m de diamètre et 2,29 m de largeur; ils sont actionnés par des moteurs électriques. A la vitesse de rotation de 78 tours par minute, le débit de chaque venti-

Digitized by Google

lateur est de 53 m³ par seconde, soit 106 m³ pour l'ensemble des deux ventilateurs. L'air vicié du tunnel est aspiré par deux communications d'une section totale de 18,4 m², qui relient le souterrain à la chambre d'aspiration des ventilateurs. Cet air vicié est ensuite refoulé dans une cheminée maçonnée de 45,72 m de hauteur avec une section circulaire de 16,4 m² à la base et 10,5 m² au sommet.

Des dispositifs particuliers ont été imaginés pour enlever la suie qui se dépose à l'intérieur de la cheminée d'évacuation.

Le courant électrique est fourni par câbles à cette station de ventilation par l'installation située à l'entrée nord du tunnel.

## Ventilation des Lignes Métropolitaines de Paris.

Avant d'étudier les conditions d'aérage de la partie souterraine de notre réseau métropolitain à traction électrique, nous dirons, tout d'abord, quelques mots des lignes de chemins de fer qui se trouvent dans Paris.

Pour le chemin de fer de Ceinture qui comporte de nombreux souterrains, la ventilation naturelle a paru jusqu'ici suffisante. Comme la ligne est généralement peu éloignée des fortifications, elle est d'ailleurs, en majeure partie, aérienne, le plus souvent en tranchées, et les tunnels sont peu importants.

De même, aucune installation de ventilation mécanique n'a été prévue pour les tunnels des lignes de chemins de fer qui pénètrent dans Paris pour aboutir aux grandes gares des principales Compagnies.

La gare souterraine des Invalides est immédiatement suivie d'une large tranchée à plusieurs voies qui la met en communication par une vaste section avec l'atmosphère extérieure. Il a été ménagé d'ailleurs une ouverture pour l'aération dans le plancher formant couverture de cette gare. La traction électrique a d'ailleurs été adoptée sur la nouvelle ligne de Versailles aux Invalides.

Lorsque l'on a reporté à la grande gare du quai d'Orsay la te de ligne des Chemins de fer de Paris à Orléans, qui se trou-it autrefois à la gare de la place Walhubert, on s'est préoccupé l'aérage de la ligne à double voie qui relie l'ancienne gare à lle du quai d'Orsay. On sait que cette ligne suit les quais et l'elle est en grande partie souterraine.

Digitized by Google

Dans les parties couvertes, de nombreuses ouvertures latérales ont été ménagées dans les murs du quai qui ont été reconstruits le long du fleuve, lors de l'établissement de la ligne en 1900.

De plus, on a adopté la traction électrique pour les convois entre la gare de la place Walhubert et celle du quai d'Orsay.

Dans ces conditions, l'atmosphère des tunnels est très pure, ainsi que cela ressort du reste des analyses d'air effectuées en février 1903 par M. Albert Lévy, directeur du service chimique à l'Observatoire municipal de Montsouris.

M. Albert Lévy a obtenu les résultats suivants :

| LIEU DE PRÉLÈVEMENT | ACIDE CARBONIQUE | TENSION de la vapeur d'eau | TEMPÉRATURE | |
|---|---|---|---|---|
| | | | du TUNNEL | EXTÉRIEURE |
| | l | | degrés | degrés |
| A 600 m de la gare d'Orsay. . | 36 | 3,6 | 6,4 | 8,0 |
| A 1 000 m de la gare d'Orsay. . | 38 | 4,0 | 6,5 | 8,0 |
| A 150 m de la station Saint-Michel (près le pont Sully). . | 36 | 6,1 | 7,0 | 10,0 |
| A 150 m du pont Sully (près la rue du Cardinal-Lemoine). | 36 | 5,8 | 7,5 | 10,0 |
| Sous la place Walhubert (près la gare d'Austerlitz). . . . . | 41 | 6,1 | 8,0 | 10,0 |

La proportion d'acide carbonique dans les tunnels est à peine supérieure à celle que l'on trouve normalement dans l'atmosphère et qui est de 32 l environ par 100 m³ d'air.

La ventilation est donc parfaite dans ces souterrains.

La Compagnie d'Orléans a également reporté au Luxembourg la gare terminus de la ligne de Sceaux et Limours, dont la station tête de ligne était, autrefois, place Denfert-Rochereau.

Ces travaux ont été exécutés de 1892 à 1895 ; la ligne à double voie normale est presque entièrement souterraine et l'exploitation se fait par locomotives à vapeur.

Aussi, a-t-on étudié avec soin la ventilation des tunnels de cette ligne. Les galeries et puits d'aérage nécessaires ont été exécutés en même temps que les tunnels et on a créé, à la station du Luxembourg, des installations de ventilation méca-

Digitized by Google

nique, qui ont été mises en marche lors de l'ouverture à l'exploitation.

Nous étudierons maintenant les conditions d'aération de ces souterrains.

### Prolongements de la ligne de Sceaux vers le Luxembourg.

La ligne de Sceaux et Limours a été prolongée dans Paris vers le Luxembourg, sur une longueur de 2 165 m, comptée depuis le pont de la rue de la Tombe-Issoire jusqu'au fond du cul-de-sac de la Sorbonne, où se trouvent les voies de garages de la nouvelle gare tête de ligne du Luxembourg.

La nouvelle ligne part de la station de la place Denfert pour se prolonger sous la rue Denfert-Rochereau et le boulevard Saint-Michel jusqu'à la Sorbonne. Deux parties seulement ont pu être laissées à ciel ouvert : l'une près de l'origine, l'autre vers le milieu de la longueur, à la traversée d'un terre-plein situé au carrefour de l'avenue de l'Observatoire et du boulevard de Port-Royal. C'est en cet endroit que l'on a établi la station intermédiaire de Port Royal.

On sait que la station du Luxembourg a été installée dans un immeuble qui fait l'angle de la rue Gay-Lussac et du boulevard Saint-Michel. La ligne comporte ainsi deux souterrains, l'un de 714 m de longueur entre la station de Paris-Denfert et celle de Port-Royal, l'autre de 988 m depuis la station de Port-Royal jusqu'à l'extrémité de la ligne, place de la Sorbonne.

Ces souterrains sont presque entièrement en ligne droite ou en courbes à grand rayon. — Depuis la gare de la place Denfert-Rochereau, la voie est constamment en pente, sauf aux paliers des stations. Dans le premier souterrain, la pente maximum est de 13 mm par mètre sur 485 m de longueur ; dans le deuxième souterrain, la plus forte pente est de 16 mm sur 391 m.

Dans le cul-de-sac de la Sorbonne, les voies de garages sont en palier, bien que les maçonneries des souterrains soient en pente, grâce à une surépaisseur du ballast, croissante, qui varie de 0,50 m à 3,60 m au fond du cul-de-sac. Il suffira d'enlever cette courbe de ballast, si on exécute ultérieurement le prolongement de la ligne jusqu'à la Seine.

Les locomotives employées pour la traction des convois

Digitized by Google

brûlent du coke. Elles sont, en outre, munies d'appareils de condensation qui permettent d'éviter tout échappement de vapeur dans les sections souterraines.

Le tunnel de 714 m de longueur entre la station de Paris-Denfert et celle de Port-Royal est ouvert à ses deux extrémités. Au point de vue de l'aération, on se trouve dans des conditions moins défavorables que celles que l'on rencontre fréquemment sur le chemin de fer de Ceinture. On n'a donc pas prévu d'installation de ventilation mécanique.

Cependant, on a établi, dans cette section, dix cheminées d'aérage de 1,40 m sur 2,40 m de section, qui partent de la voûte du souterrain pour aboutir à la base de kiosques placés sur les trottoirs des voies publiques. Ces kiosques ont été placés de préférence au droit de terrains non bâtis, jardins, cours, etc., afin d'éviter les réclamations des riverains.

De plus, la section transversale de tunnel est supérieure au gabarit normal des souterrains à deux voies de la Compagnie. C'est ainsi qu'on a porté à 9 m, au lieu de 8 m, la largeur entre piédroits avec une hauteur libre de 6 m sous clé, dans les parties voûtées et de 4,80 m dans les parties couvertes par des tabliers.

L'aération du tunnel de 988 m, qui s'étend de la station de Port-Royal à l'extrémité de la ligne vers la Sorbonne, était beaucoup plus difficile, car il n'est ouvert qu'à son extrémité côté Port-Royal, et d'autre part, la station souterraine du Luxembourg se trouve à l'intérieur de ce tunnel. Il peut y avoir parfois une affluence de voyageurs séjournant momentanément sur les quais de cette gare. Il était donc nécessaire d'assurer, par la ventilation mécanique, l'aération de cette partie de la ligne. Un ventilateur a été installé dans la gare du Luxembourg. Il aspire l'air vicié et le rejette au dehors par une cheminée qui débouche à deux mètres au-dessus des immeubles voisins.

On aurait pu adopter la solution inverse, c'est-à-dire refouler à l'intérieur du souterrain l'air pur aspiré au dehors par le ventilateur.

Mais cette solution a été écartée, car l'air vicié se serait trouv refoulé vers l'extrémité libre du tunnel du côté de la statio aérienne de Port-Royal, dont l'extrémité des quais voisins de l tête du souterrain aurait été sacrifiée. On ne voulait pas non plu rejeter cet air vicié au dehors, sur les voies publiques, par de cheminées d'aérage de faible hauteur.

Digitized by Google

Le principe de ventilation par aspiration étant admis, on l'a réalisé de la manière suivante *(Pl. 131)* :

Des cheminées d'évent, au nombre de sept, aboutissant à des kiosques disposés sur les trottoirs du boulevard Saint-Michel, débouchent, par de larges baies à la base des pieds-droits du souterrain, dans l'étendue des quais de la gare.

L'air pur venant de l'extérieur pénètre dans la station par ces baies, par suite de l'aspiration du ventilateur.

Neuf autres cheminées analogues concourent au même but ; cinq sont réparties sur la longueur du souterrain du côté de Port-Royal, les quatre autres sont disposées le long des voies de garage, en cul-de-sac, au fond de la gare terminus.

Ces cheminées sont identiques à celles du tunnel compris entre la station de Port-Royal et de Paris-Denfert, mais leur rôle est inverse, car l'air pur extérieur est ici aspiré, tandis que dans l'autre cas c'est l'air vicié du tunnel qui est rejeté au dehors par les cheminées.

L'air vicié est aspiré, vers le sommet de la voûte de la station, par des orifices disposés en quinconce avec les baies d'amenée d'air frais. Ces orifices mettent l'atmosphère du tunnel en communication avec une galerie générale d'aspiration établie sur les reins de la voûte de la station.

Cette galerie est maçonnée ; sa section croît graduellement de 3 à 9 m², à mesure que l'on approche de la chambre du ventilateur aspirant auquel elle vient aboutir.

Ce ventilateur refoule l'air vicié dans une cheminée de 10 m² de section et de 26 m de hauteur, dont trois côtés sont constitués par les murs latéraux d'une courette, le quatrième étant formé par un pan de fer de 4 m de largeur.

Une galerie d'aspiration analogue à celle de la station règne sur toute la longueur du souterrain en cul-de-sac de la Sorbonne, et elle vient se réunir à la première à l'entrée de la chambre du ventilateur.

La longueur totale de ces deux galeries est de 460 m. Le ventilateur centrifuge, construit par la maison Genest Herscher, a [illegible]50 m de diamètre et 0,72 m de largeur, les ouïes latérales [illegible]ant un diamètre de 1,52 m. Il est enveloppé par un diffuseur [illegible]rale en tôle, de section croissante, qui aboutit à la base de la [illegible]eminée de refoulement.

[illegible]a hauteur totale de l'appareil et de son diffuseur est de 4 m. [illegible] ventilateur est actionné par courroies au moyen d'une dynamo

Digitized by Google

qui reçoit le courant de la station électrique établie par la Compagnie à la gare de Paris-Denfert. Pour éviter la transmission des vibrations, le massif supportant le ventilateur et la dynamo repose sur des fondations isolantes, système Anthony.

Le ventilateur, tournant à la vitesse de 80 tours par minute, débite 50 m³ d'air par seconde, en absorbant un travail de 14 kilowatts, soit 19 ch environ.

Le volume total de l'atmosphère du souterrain, de la station de Port-Royal jusqu'à la Sorbonne étant de 70 000 m³ environ, on voit que le ventilateur serait capable de renouveler entièrement l'air du tunnel en deux heures et demie, si l'air vicié était aspiré sans aucun mélange d'air pur.

Cette condition n'est évidemment pas remplie d'une manière absolue, bien que l'on règle le tirage suivant les conditions atmosphériques au moyen des registres disposés dans les prises d'air de la galerie d'aérage.

En outre, des hottes de tirages, aboutissant à cette galerie par une gaine inclinée, ont été établies vers les extrémités de la station, au-dessus des points de stationnement normal des machines.

Bien que les trains soient formés à l'ancienne gare de Paris-Denfert, comme la station du Luxembourg est tête de ligne, les machines y ont souvent des arrêts prolongés; cette précaution a donc son importance. On évacue ainsi directement les gaz de la combustion sans les laisser se diluer dans l'atmosphère du souterrain.

L'ancienne dynamo du 14 kilowatts actionnant le ventilateur a été reconnue un peu faible. On l'a doublée, en 1896, d'une deuxième dynamo de 23 kilowatts, établie au-dessus de la première, et c'est avec cette nouvelle dynamo qu'on actionne maintenant le ventilateur d'une façon à peu près permanente. L'ancienne dynamo n'est utilisée que dans les moments où la ventilation artificielle exige un moindre débit du ventilateur, c'est-à-dire, en général, de 5 à 8 heures du matin.

L'aspirateur du ventilateur par les prises d'air de la galerie d'aérage provoque, dans le sens de Port-Royal vers le Luxembourg, un courant d'air dans la partie du tunnel comprise entre ces deux stations.

Si l'aspiration était trop forte, on pourrait craindre que les fumées de cette région du souterrain ne soient pas entièrement aspirées à l'extrémité Port-Royal de la galerie d'aérage, et qu'une

Digitized by Google

partie ne soit entraînée à l'intérieur de la station du Luxembourg.

Aussi a-t-on complété les installations précédentes en avril 1904, en disposant deux ventilateurs électriques à la base des galeries verticales qui aboutissent aux deux premiers kiosques d'aérage côté Port-Royal de la station du Luxembourg. Ces ventilateurs aspirent les fumées avant qu'elles ne pénètrent dans la station et les rejettent immédiatement au dehors.

Ce sont des ventilateurs Farcot, capables d'aspirer chacun 15 m³ d'air par seconde à la vitesse de 100 tours par minute, soit une aspiration totale de 30 m³ qui s'ajoute aux 50 m³ du ventilateur principal.

Les ventilateurs sont du type déplaceur d'air; la turbine a 1,40 m de diamètre. Les moteurs électriques sont disposés au-dessus des ventilateurs, sur le même bâti, et les commandent par courroies. Ils sont à courant continu, et la puissance dépensée dans les conditions de marche indiquées est de 8 kilowatts sous 220 volts aux bornes du moteur.

Le mouvement des trains à la station du Luxembourg est variable suivant les heures de la journée.

Il y a en moyenne cinquante trains qui arrivent à cette station et en repartent par journée de vingt-quatre heures. Dans les moments où la circulation des trains est la plus active, on peut compter qu'il y a cinq trains arrivant et partant par heure, à la gare du Luxembourg.

La ventilation est satisfaisante, ainsi que cela ressort des analyses d'air qui ont été faites par M. Albert Lévy en avril 1903. Dans le tableau suivant, les quantités d'acide carbonique sont rapportées à 100 m³ d'air. On a trouvé :

| LIEU DE PRÉLÈVEMENT | ACIDE CARBONIQUE | OXYDE de CARBONE | TENSION de la VAPEUR d'eau | TEMPÉRATURE | VITESSE de L'AIR |
|---|---|---|---|---|---|
| | l | l | mm | degrés | m |
| A 100 m de la station du Luxembourg (vers la Seine) . . . . . . . . . . | 43 | 0,8 | 4,5 | 8 | 1,2 |
| Entre Luxembourg et Port-Royal. . . | 39 | traces | 4,4 | 7,2 | 1,2 |
| Entre Port-Royal et Paris-Denfert. . . | 47 | traces | 4,5 | 7,2 | 0,9 |

On voit que l'atmosphère des tunnels est très pure et ce résultat est d'autant plus intéressant que l'exploitation se fait par la traction à vapeur.

Digitized by Google

## Métropolitain Municipal.

On sait que les tunnels de notre Métropolitain électrique sont à double voie normale ; le souterrain du type courant est maçonné et voûté, avec une largeur aux naissances de 7,10 m et une hauteur libre de 4,50 m sous clé. Les distances des stations varient suivant les quartiers; elles sont généralement espacées de 500 à 600 m. Ces stations sont ordinairement voûtées; elles ont 75 m de longueur.

Les quais, de part et d'autre de la voie, ont 4,50 m de largeur; ils sont établis à 0,85 m de hauteur au-dessus du plan de roulement des rails, la hauteur libre sous clé étant de 5,20 m au-dessus de la voie. La largeur de la voûte aux naissances est de 14,14 m.

Le réseau actuellement exploité comprend :

*La Ligne n° 1*, de Vincennes à la Porte Maillot, qui est entièrement souterraine, à part la station aérienne de la Bastille ;

*La Ligne n° 2 Nord*, de la Place de la Nation à la Porte Dauphine. Cette ligne est en partie aérienne vers le milieu de son parcours ;

*La Ligne n° 3*, de la Place Gambetta à la Place Villiers ;

*La Ligne n° 2 Sud*, de la place d'Italie à l'Étoile, qui est en partie aérienne ;

*La Ligne n° 5*, de la Place d'Italie à la Gare du Nord, qui est presque entièrement souterraine.

Nous étudierons les conditions d'aération des tunnels des quatre premières lignes, la Ligne n° 5 n'ayant été ouverte à l'exploitation que l'année dernière et sur une partie de sa longueur seulement.

Ces conditions d'aération sont connues d'une façon très précise par les résultats des analyses d'air et par les relevés de températures et de tensions de vapeur d'eau auxquels procèdent depuis plusieurs années, M. Albert Lévy et son collaborateur M. Pécoul, et qui sont publiés dans les procès-verbaux des séances de la Commission du Métropolitain et dans les annales de l'Observatoire de Montsouris.

Nous pouvons donc nous appuyer avec certitude sur ces documents officiels où nous trouvons les résultats d'expériences très nombreuses effectuées avec le plus grand soin.

Digitized by Google

### Ligne Métropolitaine n° 1 — Vincennes-Maillot.

Cette ligne a été ouverte à l'exploitation, sur toute sa longueur en juillet 1900.

De la Porte de Vincennes à la station aérienne de la Bastille la ligne est souterraine sur une longueur de 3,5 km environ; de la Bastille à la Porte Maillot, la longueur du tunnel est de 7 km.

Depuis l'année 1901, M. Albert-Lévy a procédé à des analyses d'air et des relevés de températures et de tensions de vapeur d'eau dans tous les tunnels de cette ligne. D'une manière régulière, chaque tunnel de chacune des lignes en exploitation est examiné au moins deux fois par an, en saison froide et en saison chaude. A certains moments, ces tunnels sont examinés d'une manière continue, jour et nuit, pendant plusieurs semaines.

Comme cela était à prévoir, c'est dans la partie ouest de la ligne n° 1 que l'atmosphère est le plus viciée, ce qui est dû évidemment à la plus grande longueur du tunnel, et aussi sans doute à ce que cette partie de la ligne est plus fréquentée.

Les prélèvements d'air sont effectués dans chaque tunnel à égale distance des stations, toujours au même moment de la journée, 4 heures de l'après-midi et à 1,70 m du sol.

Le prélèvement est fait dans des poches en caoutchouc de 15 l environ de capacité avec toutes les précautions nécessaires.

On note en même temps: la température, au moment de la prise, au moyen d'un thermomètre sensible au dixième degré, les indications de l'hygromètre, afin de connaître la proportion de vapeur d'eau dans l'air des tunnels, enfin la pression barométrique, la vitesse de l'air et toutes les circonstances que présente le lieu où se fait le prélèvement, ouvertures de ventilation, éclairage, nombre d'ouvriers circulant dans le tunnel, etc.

Avec la méthode d'analyse employée pour doser l'acide carbonique, M. Albert Lévy estime, tous calculs faits, que les résultats rapportés à 100 m³ d'air sont exacts à 2 l près au ximum.

On a procédé aussi à des analyses de l'air des voitures, dans ; parties souterraines et aériennes du réseau. Nous résumerons nmairement les principaux résultats obtenus :

*cide carbonique.* — Les premières analyses effectuées en jan-

Digitized by Google

vier et février 1901, ont montré que l'atmosphère des tunnels renfermait en moyenne 70 l d'acide carbonique pour 100 m³ d'air tandis que l'air des voitures en contenait 150 l environ.

Mais les proportions d'acide carbonique contenues dans l'air des tunnels se sont ensuite accrues notablement, ainsi que cela ressort du tableau (page 157) où sont consignés les résultats de toutes les analyses effectuées jusqu'à ce jour.

D'une manière générale on voit que dans chacun des tunnels Bastille-Maillot et Bastille-Vincennes, l'atmosphère est viciée davantage à mesure que l'on s'éloigne de la station aérienne de la Bastille. La quantité d'acide carbonique diminue ensuite vers les extrémités de la ligne.

C'est dans les tunnels compris entre les stations du Palais-Royal et de l'Étoile qu'on a relevé généralement les plus fortes proportions d'acide carbonique. Les maximums observés sont voisins de 150 l, et dans toute cette partie de la ligne le maximum admissible de 100 l d'acide carbonique pour 100 m³ d'air est généralement dépassé.

On peut analyser plus commodément les résultats obtenus en traduisant les chiffres du tableau précédent par des graphiques. Nous avons porté en abscisses les distances kilométriques et en ordonnées les quantités d'acide carbonique observées. En joignant les divers points obtenus on obtient une ligne qui donne immédiatement une idée de l'état général de l'atmosphère des tunnels à chacune des époques où ont été faites les observations.

On ne doit pas tirer de déductions trop précises de ces graphiques, puisque tous les prélèvements n'ont pas été faits le même jour, au même instant, d'un bout à l'autre de la ligne, et que d'autre part ce sont des analyses dites « instantanées », c'est-à-dire effectués sur de l'air prélevé dans un intervalle de temps très court, résultats d'analyses susceptibles, par conséquent, de varier sensiblement d'un moment à l'autre.

On aurait une idée plus juste de la composition de l'air des tunnels par des analyses « continues ».

MM. Albert Lévy et Pécoul sont parvenus à créer des appareils effectuant ces analyses automatiquement. Il suffit de les installer à poste fixe dans les tunnels; la quantité d'air soumise à l'analyse passe dans l'appareil, pendant le nombre d'heures fixé à l'avance et au moment prévu.

Néanmoins, les résultats généraux indiqués par les graphiques d'analyses instantanées sont des plus intéressants. Nous rappel-

Digitized by Google

## Ligne n° 1

| DISTANCES approximatives de la Bastille | TUNNELS | 1902 | 1903 | | 1904 | | | | 1905 | | | 1906 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 4e trimestre | 1er trimestre | 4e trimestre | 1er trimestre | 2e trimestre | 3e trimestre | 4e trimestre | 2e trimestre | 3e trimestre | 4e trimestre | 2e trimestre | 4e trimestre |
| m | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 200 | Vincennes-Nation | » | 48 | 53 | » | 48 | » | 78 | 56 | 53 | 63 | 59 | 64 |
| 2 300 | Nation-Reuilly | » | 67 | 68 | 59 | 84 | » | 83 | 61 | 60 | 84 | 57 | 61 |
| 1 400 | Reuilly-Lyon | » | 66 | 52 | » | 78 | » | 67 | 58 | 60 | 54 | 63 | 57 |
| 440 | Lyon-Bastille | » | 38 | 38 | » | 43 | » | » | 47 | » | 47 | 58 | 52 |
| 380 | Bastille-Saint-Paul | » | 48 | 38 | » | 41 | » | » | 47 | » | 58 | 73 | 46 |
| 1 060 | Saint-Paul-Hôtel-de-Ville | » | 63 | 60 | 130 | 49 | » | » | 72 | » | 64 | 78 | 57 |
| 1 650 | Hôtel-de-Ville-Châtelet | 100 | 86 | 109 | 140 | 116 | 60 | 67 | 77 | 72 | 72 | 66 | 69 |
| 2 150 | Châtelet-Louvre | » | 102 | 76 | 146 | 119 | 49 | 80 | 63 | » | 87 | 85 | 88 |
| 2 550 | Louvre-Palais-Royal | » | 118 | 81 | 108 | 97 | 58 | 78 | 74 | » | 86 | 71 | 77 |
| 3 000 | Palais-Royal-Tuileries | » | 121 | 113 | 130 | 118 | » | 132 | 77 | » | 135 | 83 | 82 |
| 3 500 | Tuileries-Concorde | » | 120 | 116 | 137 | 114 | » | 115 | 86 | » | 129 | 99 | 123 |
| 4 000 | Concorde-Champs-Élysées | 98 | 142(1) | 122 | 144 | 113 | 65 | 120 | 97 | » | 112 | 79 | 139 |
| 4 750 | Champs-Élysées-Marbeuf | » | 127 | 128 | 79 | 95 | 58 | 122 | 101 | » | 132 | 79 | 133 |
| 5 300 | Marbeuf-Alma | 121 | 139 | 123 | 86 | 94 | » | 111 | 95 | 66 | 136 | 88 | 134 |
| 5 800 | Alma-Étoile | 72 | 143 | 105 | 108 | 92 | » | 114 | 91 | » | 118 | 86 | 116 |
| 6 300 | Étoile-Obligado | 63 | 129 | 67 | 76 | 76 | » | 63 | 86 | » | 85 | 68 | 93 |
| 6 800 | Obligado-Maillot | 90 | 112 | 52 | » | 52 | 41 | 52 | 74 | » | 62 | 64 | 63 |

(1) Moyenne des trois analyses faites, deux en mars, l'autre en juin. Résultats : 156, 135, 136.



Digitized by Google

lerons qu'ils correspondent à des prélèvements effectués à 4 heures de l'après-midi.

Pour plus de clarté nous n'avons figuré que quelques courbes de relevés trimestriels *(Pl. 132)* :

Nous voyons immédiatement que les observations du *1er trimestre 1903* indiquent une proportion d'acide carbonique supérieure à 100 l pour toute la partie ouest de la ligne depuis le Châtelet jusqu'à la Porte Maillot, les tunnels les plus mauvais étant ceux de l'Étoile-Alma (143 l) et Tuileries-Palais-Royal (135 l).

On voit qu'en partant de la Bastille l'air se vicie plus rapidement du côté Maillot que du côté Vincennes. Dans cette dernière région de la ligne, la proportion de 100 l d'acide carbonique n'est atteinte nulle part.

Nous avons représenté sur le graphique la ligne horizontale correspondant à 32 l, proportion normale d'acide carbonique contenue dans l'air extérieur. Les distances des courbes trimestrielles à cette ligne horizontale indiquent dans quelle proportion l'atmosphère des tunnels est viciée, puisque l'on peut admettre que les produits toxiques dégagés par la respiration sont proportionnels aux quantités d'acide carbonique d'origine organique.

Le graphique montre que, dès le *quatrième trimestre 1903*, les tunnels de l'extrémité de la ligne, de l'Étoile à la Porte Maillot, ont été améliorés, et cette amélioration a persisté depuis lors.

Ces résultats sont dus sans doute à la deuxième sortie qui a été établie à la Porte Maillot et qui a permis immédiatement une ventilation naturelle abaissant la teneur en acide carbonique, ainsi que la température.

C'est aussi dans le cours de l'année 1903 que les portes pleines des stations ont été remplacées la nuit par des grilles. Il s'établit ainsi une ventilation naturelle qui purifie l'atmosphère des tunnels pendant la nuit et qui est sans doute la cause de la diminution générale des teneurs en acide carbonique observées dans presque tous les tunnels pendant le quatrième trimestre de 1903.

Mais, sur le graphique du *premier trimestre 1904*, nous voyons que la grande amélioration constatée dans les tunnels de l'extrémité ouest de la ligne, des Champs-Élysées à la Porte Maillot correspond à une aggravation de la situation pour les autr tunnels, des Champs-Élysées vers la Bastille. Cette aggravati est surtout marquée pour les tunnels relativement bons an rieurement, du Palais-Royal jusqu'à l'Hôtel de Ville.

Digitized by Google

Bien qu'il n'ait pas été fait d'observation, à cette époque, de Saint-Paul à la Bastille, il est vraisemblable que l'atmosphère viciée régnait jusqu'à la station aérienne même, cet air tendant à s'échapper des souterrains par l'extrémité du tunnel du côté de la Bastille.

L'aspect des graphiques montre que c'est généralement de l'air pur qui pénètre en cet endroit par les deux tunnels, de part et d'autre de la station aérienne. Mais le mouvement des courants d'air dans les tunnels du Métropolitain est évidemment soumis à des causes nombreuses qui peuvent en modifier le sens habituel, et notamment aux perturbations accidentelles dues aux rentrées d'air, qui s'effectuent d'une manière irrégulière par les accès des stations, sans compter les perturbations dues au mouvement des trains et que nous analyserons plus loin.

Quoi qu'il en soit, vers la fin de 1904, c'est dans la partie de la ligne comprise entre la Bastille et les Champs-Élysées que l'atmosphère était le plus viciée. On avait 144 l dans le tunnel Champs-Élysées-Concorde et 146 l à Louvre-Châtelet.

La situation générale s'est améliorée dans le deuxième trimestre de 1904, bien que l'on observe encore des teneurs en acide carbonique de 119 l dans le tunnel Louvre-Châtelet.

C'est vers cette même époque que l'on décida d'utiliser des puits qui avaient servi lors de l'exécution des travaux au square de la Tour-Saint-Jacques et boulevard Diderot, près de la rue Crozatier, pour les transformer en puits d'aération des tunnels.

Le puits du square de la Tour-Saint-Jacques a une section octogonale à peu près régulière, la plus courte distance entre côtés parallèles étant de 1,40 m.

Celui de la rue Crozatier a une section rectangulaire de 2,27 m sur 1,58 m.

Ils sont surmontés d'édicules de prise d'air, mais sans aucun appareil de ventilation mécanique.

Le puits de la rue Crozatier ne parait pas avoir apporté d'amélioration notable dans les tunnels de la région Bastille-Vincennes. Mais c'est sans doute à l'aménagement du puits d'aération de la Tour-Saint-Jacques que l'on doit les améliorations constatées ultérieurement dans le tunnel Châtelet-Hôtel de Ville et les tunnels suivants, jusque vers le Palais-Royal.

Nous voyons en effet que, depuis la fin de 1904, les graphiques ont une tendance à revenir à la forme générale observée au

Digitized by Google

début, en 1903, l'atmosphère étant plus viciée dans les tunnels de l'ouest, de l'Étoile au Palais-Royal.

Cela apparaît très nettement sur le graphique du *quatrième trimestre 1905*, où la quantité d'acide carbonique dépasse 100 l pour tous les tunnels.

Au contraire, vers l'extrémité de la ligne, au delà de l'Étoile, l'amélioration constatée dès la fin de 1903 persiste toujours. Notons qu'il a été installé deux petits ventilateurs à l'Étoile, en 1906, pour refouler de l'air pur dans la sous-station électrique. L'un de ces ventilateurs a été réservé depuis lors pour ventiler la station de la ligne n° 2 nord, qui communique avec celle de la ligne n° 1 par des escaliers d'accès.

La prise d'air de ce ventilateur se fait par un puits hexagonal de 0,70 m seulement de coté, qui aboutit à une colonne Morris modifiée.

C'est aussi en 1905 (mars) que l'on a exécuté une deuxième sortie à la station du Palais-Royal ; en juillet, on en a fait une autre à l'Étoile, et en décembre on a créé la deuxième sortie de la station du Châtelet.

Pendant le deuxième trimestre 1906, une amélioration générale est constatée dans presque tous les tunnels.

Les résultats du deuxième trimestre de l'année précédente étaient également assez bons.

Mais les dernières analyses d'air, effectuées en décembre 1906, nous montrent que l'atmosphère est de nouveau très viciée et que la proportion d'acide carbonique dépasse 100 l pour tous les tunnels de l'Étoile aux Tuileries, avec un maximum de 139 l dans le tunnel Concorde-Champs-Élysées.

Notons que c'est en décembre 1906 qu'a été terminée la deuxième sortie de la station de l'Hôtel de Ville.

On voit que le graphique du *quatrième trimestre 1906* présente de grandes analogies avec celui du même trimestre de l'année 1905 (maximum 136 l), ainsi qu'avec ceux des années 1904 et 1903, bien que ces derniers ne donnent pas des maximums aussi élevés.

Ces analogies entre les trimestres correspondants d'années successives peuvent être attribuées aux variations annuelles semblables dans le nombre des voyageurs transportés aux différentes époques de l'année, ainsi qu'à des circonstances atmosphériques analogues. On s'explique très bien que l'atmosphère est plus viciée en décembre qu'en août, le nombre maximum de

Digitized by Google

voyageurs transportés ayant généralement lieu en décembre et le minimum au mois d'août. Cependant, lorsqu'on étudie la question de plus près, on s'aperçoit que l'on est loin de pouvoir se rendre compte, avec ces seuls éléments, des variations constatées dans la viciation de l'atmosphère des tunnels et de s'expliquer les analogies et aussi les différences anormales observées.

Quoi qu'il en soit, on voit que, sur la ligne métropolitaine n° 1, les teneurs en acide carbonique sont sensiblement inférieures aux limites indiquées entre Vincennes et la Bastille, mais qu'il est loin d'en être ainsi dans la partie ouest de la ligne, de la Bastille à la Porte Maillot.

Nous étudierons maintenant la variation des tensions de la vapeur d'eau et de la température à l'intérieur des différents tunnels, et nous constaterons que ces variations sont à peu près indépendantes de celles de l'air extérieur.

Considérons, par exemple, les résultats des expériences de M. Albert Lévy pendant le quatrième trimestre 1905 et traçons des graphiques analogues aux précédents, en portant en abscisses les distances kilométriques et en ordonnées les tensions de la vapeur d'eau ou les températures à l'intérieur des tunnels, et à l'extérieur, au moment où ont été faites les observations.

*Vapeur d'eau.* — Le simple examen graphique des tensions de vapeur d'eau nous montre que des variations d'humidité notables à l'extérieur n'influencent pas sensiblement le graphique des teneurs de la vapeur d'eau à l'intérieur des tunnels.

Le graphique accuse à peu près la forme de celui de l'acide carbonique, ce qui se conçoit, puisque l'humidité est due à la même cause, respiration des voyageurs et du personnel qui se trouve dans les tunnels.

Le puits d'aération de la Tour Saint-Jacques, la deuxième sortie de Maillot et le ventilateur de l'Étoile paraissent exercer, comme précédemment, une action favorable. Le puits de la rue Crozatier semble sans grand effet dans la partie est de la ligne.

Nous voyons, d'une manière générale, que l'atmosphère des tunnels est beaucoup plus humide que l'air extérieur. On sait que l'humidité rend la chaleur plus pénible à supporter; c'est surtout pour cette cause que la présence de la vapeur d'eau est nuisible dans les tunnels du Métropolitain.

Digitized by Google

*Températures.* — Sur le graphique des températures, nous ne retrouvons plus guère, ou du moins c'est d'une façon bien atténuée, la forme des graphiques de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau. Nous avons vu, en effet, que la présence des voyageurs dans les tunnels n'est pas la cause principale de l'élévation de température.

Nous constatons que cette température est presque constante sur toute la longueur de la ligne, même dans les tunnels voisins de la station aérienne de la Bastille ; et le graphique montre très nettement combien de grandes variations journalières de la température extérieure sont sans effet notable sur la température de l'air à l'intérieur des souterrains. Alors que la température extérieure passe de + 11°,3, le 7 décembre 1905, à — 1°,1 le 12 décembre, c'est toujours une température de 19 degrés environ que l'on observe à l'intérieur des souterrains.

Si les variations journalières de la température extérieure sont sans effet, l'action des saisons exerce pourtant une légère influence, la température moyenne de l'air à l'intérieur des tunnels est de 3 degrés environ plus basse en été qu'en hiver.

L'air qui pénètre dans les tunnels est évidemment plus frais en hiver qu'en été, mais ce qui précède montre que ce n'est pas la cause principales des légères différences constatées suivant les saisons.

Cette cause est la suivante :

L'air du souterrain des métropolitains est constamment plus chaud que les masses environnantes, parois et terrains, au travers desquels la chaleur doit se dégager en majeure partie, par suite de l'insuffisance de la ventilation naturelle.

La température de l'air des tunnels s'élève notablement, parce que ces masses sont mauvaises conductrices de la chaleur. Comme la ligne est peu profonde, la température des terrains environnants varie légèrement avec les saisons; c'est pourquoi les pertes par rayonnement sont plus fortes en hiver qu'en été.

Ce qui montre encore mieux combien la ventilation naturelle est insuffisante pour abaisser convenablement la température à l'intérieur des tunnels, c'est que l'aération qui s'établit pendant la nuit, avec les portes des stations maintenues ouvertes pendant les heures d'interruption du trafic, n'abaisse la température que de quelques degrés. Cette aération est cependant suffisante pour diminuer considérablement la proportion d'acide carbonique contenue dans l'air des tunnels.

Digitized by Google

Nous voyons, en effet, que les moyennes des nombreuses analyses d'air et des relevés de températures effectués du 15 novembre au 5 décembre 1905, ont donné les résultats suivants pour le tunnel Alma-Marbeuf :

| Acide carbonique. | Température. |
|---|---|
| — | — |
| 1 à 5 heures du matin : 48 l. | Nuit : 17°,5. |
| 4 à 10 heures du soir : 108 l. | Jour : 19°,7. |

Pendant le jour, l'aération naturelle était donc bien moins active. La chaleur dégagée constamment à l'intérieur des tunnels devra s'échapper surtout par rayonnement au travers du sol, c'est ce que confirme, d'ailleurs, l'observation des variations horaires de la température dans un même tunnel. Ces variations suivent tous les jours une loi parfaitement régulière, qui a été mise en évidence par les observations de M. Albert Lévy.

Un thermomètre enregistreur, dont les indications avaient été vérifiées par comparaison, a été disposé au milieu du tunnel Alma-Marbeuf, l'appareil étant placé sur un socle de 1,50 m de hauteur et à 0,10 m de la paroi (côté droit en montant vers Maillot).

L'examen des feuilles détachées de l'enregistreur montre qu'en hiver comme en été, la température la plus basse a lieu à quatre heures du matin, la température la plus élevée à huit heures du soir.

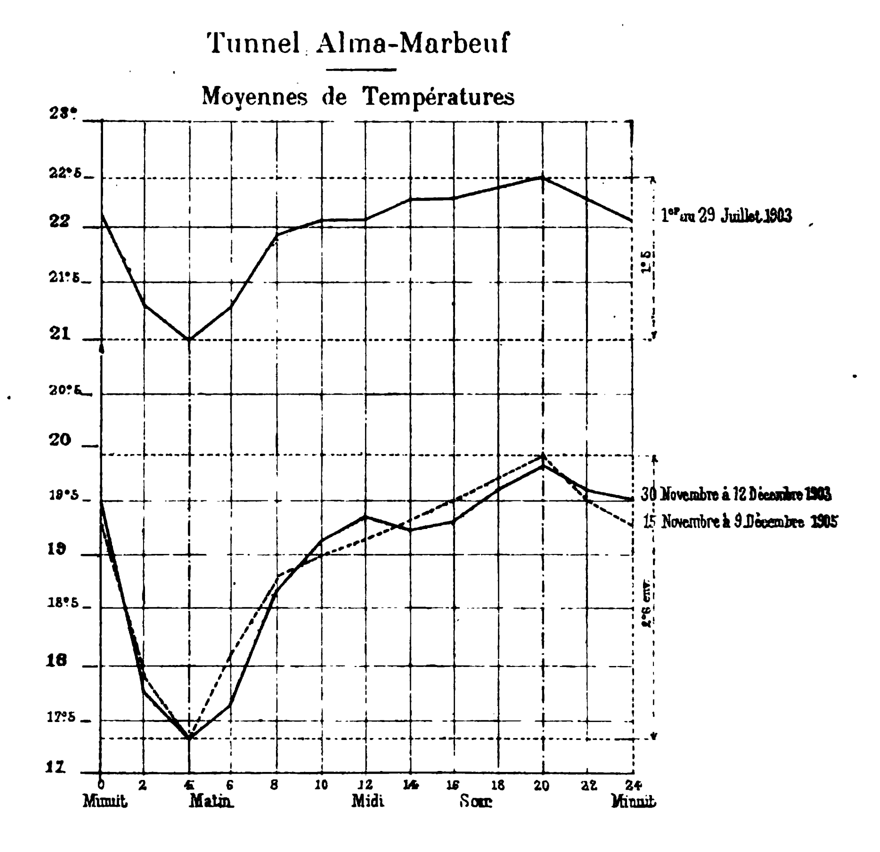
MM. Albert-Lévy et Pécoul en ont tiré des courbes tout aussi régulières, en prenant des moyennes de température pour plusieurs journées successives. Et ils ont même constaté que ces courbes sont à peu près superposables d'une année à l'autre pour les mêmes saisons. Nous voyons, en effet, qu'il y a peu de différences entre la courbe obtenue en prenant les moyennes de température du 30 novembre au 12 décembre 1903 et celle des moyennes du 15 novembre au 9 décembre 1905.

La différence entre les maximum et minimum journaliers, qui est de 1°, 5 en été atteint 2°, 6 en hiver.

Puisque les quantités de chaleur perdues par rayonnement au avers des parois sont fonction de la différence de température ntre l'air des tunnels et le milieu environnant, et que cette fférence est plus forte en hiver qu'en été, il est bien évident ie la température doit s'abaisser davantage en hiver, pendant

Digitized by Google

les heures de nuit où le service est interrompu. On observe qu'à partir du maximum, à huit heures du soir, jusqu'à minuit, la température est presque stationnaire. Elle s'abaisse à peine de quelques dixièmes de degré, malgré la diminution très sensible du nombre de voyageurs transportés par les convois. A minuit et demi, la circulation est interrompue, les lampes électriques sont éteintes, et les portes des stations sont ouvertes. La




température s'abaisse alors de 2 degrés environ en hiver et 1 degré en été jusqu'au minimum qui est atteint à cinq heures du matin. A ce moment, l'aération naturelle n'est plus suffisante pour enlever autant de chaleur que les parois en dégagent par rayonnement à l'intérieur des tunnels. — D'ailleurs, le service des trains reprend à six heures et demie et, à ce moment, le thermomètre monte rapidement jusqu'à huit heures du matin,

Digitized by Google

puis il continue de monter très lentement jusqu'au maximum de huit heures du soir.

Mais, dès dix heures du matin, on trouve déjà une température analogue à celle que l'on avait la veille à minuit et demi au moment de l'interruption du service.

*Vitesse de l'air.* — MM. Albert-Lévy et Pécoul ont fait également des observations pour mesurer la vitesse de l'air dans les tunnels du Métropolitain, et étudier les effets du passage des convois.

Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire ici la partie de leur rapport qui se rapporte à ces expériences.

Ce rapport a été lu le 22 janvier 1904 à la Commission nommée par le Préfet de la Seine pour procéder à l'étude des questions relatives à l'aération du Métropolitain (1).

» L'air des tunnels est fortement agité par le passage des trains; nous ne le savons que trop, car, au moment de nos prélèvements, il nous faut nous retenir à la muraille en retournant la tête, afin de ne pas recevoir un violent soufflet d'air.

» Cette agitation, ce brassage opérent-ils un renouvellement d'air? Nous ne le pensons pas.

» Une minute après le passage d'un train, l'air du tunnel est revenu au repos absolu. Nous n'avons que bien rarement constaté un mouvement d'air dans les tunnels. Les vitesses maxima n'ont pas dépassé 1 m à la seconde, tantôt dans un sens, tantôt en sens contraire, et elles ont été constatées très accidentellement.

| | Vitesse en mètres à la seconde. |
|---|---|
| Entre Bagnolet et Philippe-Auguste. . . . . | 0,7 m |
| Entre Philippe-Auguste et République . . . | 1,0 |
| Entre Étoile et Obligado; à la jonction entre Étoile et Dauphine . . . . . . . . . . . | 1,0 |

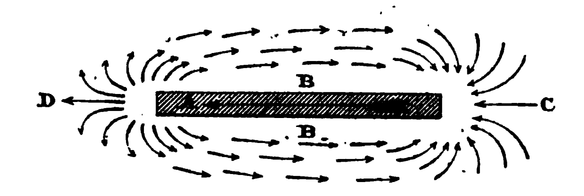
» Lorsqu'un train circule dans un tunnel, il se forme autour de lui un tourbillon très nettement caractérisé et que nous représentons graphiquement par le schéma ci-dessous :

» Le train se meut suivant la flèche A ; l'anémomètre, placé en B, indique un courant d'air dans le sens de la marche du train

(1) Arrêté préfectoral du 27 mars 1903.

Digitized by Google

jusqu'à ce que celui-ci arrive en face de l'observateur ; à ce moment, on constate un changement brusque de sens, et l'air se propage dans la direction opposée à celle du train. Après le passage du train, l'air reprend de nouveau, durant une minute environ, la direction même du train, après quoi, l'anémomètre tombe au repos ; indice d'un calme absolu. Ce phénomène a lieu




invariablement, quels que soient le tunnel observé et la direction des trains.

« Le tableau suivant donne la valeur moyenne des vitesses mesurées.

| Lieu d'observation. | Vitesse à la seconde. | Direction. |
|---|---|---|
| — | — | — |
| A 50 m à l'avant du train D. . | 1,0 m | Dans le sens de la marche. |
| Sur les côtés du train BB . . . | 1,5 | En sens inverse de la marche. |
| A 50 m de l'arrière du train C. . | 2,0 | Dans le sens de la marche. |

» Ces mouvements tourbillonnaires produisent un brassage énergique de l'air des tunnels, mais ils n'ont pas, sur la ventilation, une influence aussi efficace qu'on pourrait le penser tout d'abord.

» Nous avons constaté effectivement qu'ils ne déterminaient, aux portes des stations, que des courants de durée très limitée. Encore, avons-nous été obligé pour faire ces observations, de nous placer dans des conditions exceptionnellement favorables, puisqu'il est nécessaire de maintenir les portes ouvertes pour permettre au courant d'air de s'établir et pour pouvoir en mesurer la vitesse. Normalement, pendant toute la durée du service, les portes sont fermées et ne s'ouvrent qu'à l'entrée ou à la sortie des voyageurs.

» Nous avons cependant relevé accidentellement, aux portes de quelques stations et à certains jours seulement, des vitesses assez grandes: 1 m à 7 m à la seconde, mais ces courants de vitesse et de durée extrêmement variables, ne se produisent guère qu'au moment de l'arrivée et du départ des trains.

Digitized by Google

| Lieu d'observation. | Vitesse en mètre par seconde. | |
|---|---|---|
| Station Vincennes (porte de sortie). | 0,40 m | Durée très faible. Courant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. |
| — Hôtel de Ville . . . | 0,50 | |
| — Châtelet . . . . . | 1,00 | |
| — Alma . . . . . . . | 2,50 | |
| — Étoile . . . . . . . | 0,20 | |
| — Couronnes . . . . . | 3,00 | |
| — Combat . . . . . . | 7,00 | |
| — Ménilmontant . . . | 6,00 | |

» Les variations de vitesse et de durée, le changement de sens, rendent impossible l'évaluation, même approximative, du volume d'air déplacé.

» Il est nécessaire de mentionner que les mouvements tourbillonnaires signalés plus haut et qui ont été étudiés avec le plus grand soin par M. Pécoul présentent l'inconvénient de soulever les poussières qui s'accumulent sur le ballast et sur les parois du tunnel; ces poussières s'accroissent avec le temps et forment sur les parois (particulièrement entre Palais-Royal et Étoile) des amas présentant une épaisseur de plusieurs millimètres.

» Dans nos visites à pied, à travers les tunnels, nous avons souvent été incommodé par cette poussière en suspension dans l'air; elle est perceptible à la bouche, gênante pour la respiration et possède une action irritante sur les yeux. Cette suie abondante est une poussière de fer provenant de l'usure des rails.

Si on la traite par l'acide chlorhydrique, on obtient un fort dégagement d'hydrogène, et l'odeur assez vive que l'on perçoit est due aux hydrogènes silicié, carboné, etc., provenant des impuretés du métal. Le ferro-cyanure de potassium donne la réaction du bleu de Prusse. »

## Ligne métropolitaine n° 2 Nord — Nation-Dauphine.

Nous allons encore nous servir des résultats des expériences [ef]fectuées par M. Albert-Lévy pour voir comment s'effectue l'aération des tunnels et quels sont les effets des mesures prises, à [no]tre connaissance, par la Compagnie du Métropolitain, pour [a]méliorer la ventilation des parties souterraines de la ligne 2 nord.

Digitized by Google

On sait que la section souterraine de l'Étoile à la Porte Dauphine est exploitée depuis décembre 1900, mais c'est en octobre 1902 que l'on a ouvert à l'exploitation la partie de la ligne qui s'étend de l'Étoile à la station d'Anvers. On a ainsi un tunnel continu de 5 km et demi environ de la Porte Dauphine jusqu'à la tête du tunnel précédant le point de passage de la partie souterraine à la partie en viaduc, entre la station d'Anvers et de Barbès.

Le 30 janvier 1903, la ligne a été ouverte à l'exploitation jusqu'à la station de Bagnolet; elle est exploitée sur toute sa longueur jusqu'à la Nation, depuis le 2 avril 1903.

**Ligne n° 2 Nord.**

| DISTANCES APPROXIMATIVES | TUNNELS | 1903 | | 1904 | 1905 | 1906 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1er trimestre | 2e trimestre | 2e trimestre | 3e trimestre | 2e trimestre | 4e trimestre |
| m | | l | l | l | l | l | l |
| 5 200 | Dauphine-Victor-Hugo. . . . . | 114 | 47 | 88 | 60 | 80 | 52 |
| 4 600 | Victor-Hugo-Étoile . . . . . . | 121 | 74 | 83 | 90 | 80 | 65 |
| 3 850 | Étoile-Ternes. . . . . . . . . | 102 | 85 | 113 | 105 | 114 | 65 |
| 3 380 | Ternes-Courcelles. . . . . . | 71 | 80 | 97 | 99 | 93 | 96 |
| 3 000 | Courcelles-Monceau . . . . . . | 51 | 74 | 75 | 81 | 115 | 102 |
| 2 580 | Monceau-Villiers . . . . . . . | 59 | 50 | 55 | 82 | 105 | 102 |
| 2 180 | Villiers-Rome. . . . . . . . . | 47 | 66 | 71 | 84 | 98 | 96 |
| 1 680 | Rome-Clichy . . . . . . . . . | 56 | 65 | 88 | 84 | 95 | 64 |
| 1 220 | Clichy-Blanche . . . . . . . . | 54 | 44 | 57 | 90 | 103 | 61 |
| 820 | Blanche-Pigalle. . . . . . . . | 78 | 53 | 67 | 89 | 107 | 100 |
| 340 | Pigalle-Anvers . . . . . . . . | 59 | 44 | 71 | 81 | 99 | 70 |
| » | Anvers-Barbès . . . . . . . . | » | 37 | » | 38 | 97 | 44 |
| » | Allemagne-Combat . . . . . . | » | 33 | » | 34 | 80 | 49 |
| 500 | Combat-Belleville. . . . . . . | 43 | 40 | 68 | 66 | 79 | 61 |
| 1 100 | Belleville-Couronnes . . . . . | 44 | 46 | 66 | 71 | 90 | 62 |
| 1 500 | Couronnes-Ménilmontant . . . | 45 | 60 | 77 | 69 | 77 | 71 |
| 1 900 | Ménilmontant-Père-Lachaise . . | 49 | 56 | 81 | 65 | 94 | 61 |
| 2 500 | Père-Lachaise-Philippe-Auguste. | 55 | 49 | 75 | 71 | 78 | 63 |
| 2 960 | Philippe-Auguste-Bagnolet. . . | 55 | 47 | 65 | 60 | 65 | 66 |
| 3 400 | Bagnolet-Avron. . . . . . . . | » | 44 | 65 | 63 | 65 | 62 |
| 3 900 | Avron-Nation. . . . . . . . . | » | 39 | 64 | 58 | 61 | 56 |

Le tunnel de la partie Est, depuis la tête du souterrain qui suit le point de passage de la partie aérienne à la partie souter-

Digitized by Google

raine, entre les stations d'Allemagne et du Combat, jusqu'au terminus de la ligne, place de la Nation, a une longueur totale d'environ 4 km.

Les analyses d'air ont révélé les proportions d'acide carbonique indiquées dans le tableau précédent.

Nous avons représenté *(Pl. 132)* quelques graphiques des quantités d'acide carbonique observées à diverses époques dans la ligne n° 2 nord, ainsi que les graphiques d'acide carbonique, vapeur d'eau et température, pour les dernières observations trimestrielles effectués (novembre 1906).

*Premier trimestre 1903.* — Les mauvais tunnels sont ceux de la partie antérieurement exploitée, de l'Étoile à la Porte Dauphine. Dans le tunnel Étoile-Ternes, la quantité d'acide carbonique dépasse 100 l. Au delà elle diminue graduellement jusqu'au tunnel Blanche-Pigalle où elle s'élève à 78 l.

Dans le souterrain de l'est exploité un peu plus tard, les teneurs en acide carbonique sont partout très faibles, tout en augmentant légèrement jusqu'à la station de Bagnolet, terminus provisoire de la ligne à cette époque où on note une proportion de 55 l d'acide carbonique.

De Dauphine à l'Étoile, la situation s'améliore dès le deuxième trimestre de 1903, et depuis lors elle est toujours demeurée satisfaisante dans cette partie de la ligne, tout comme nous l'avons observé sur la ligne n° 1 pour les tunnels compris entre Maillot et l'Étoile.

Par contre, on observe que l'atmosphère devient de plus en plus viciée pour tous les autres tunnels de la ligne n° 2 nord, de l'Étoile jusqu'à Anvers, et pour ceux de la partie souterraine Combat-Nation. Les teneurs en acide carbonique augmentent régulièrement dans presque tous les tunnels, et le graphique du *deuxième trimestre de 1906* nous montre que l'on atteint partout, ou peu s'en faut, la proportion de 100 l d'acide carbonique pour 100 m³ d'air, depuis l'Étoile jusqu'à Anvers.

Dans les tunnels de la partie est de la ligne, cette proportion est sensiblement atteinte vers Belleville et Ménilmontant.

Les observations du *quatrième trimestre 1906* ont été faites en novembre. Elles sont postérieures à l'exécution d'un puits vertical à section circulaire, de 4 m de diamètre, près de la station des Ternes, pour l'installation d'un ventilateur qui ne fonctionne pas encore actuellement, et à l'ouverture de deux baies

Digitized by Google

d'aération; la première ménagée dans la couverture sous le tablier métallique de la station de Rome et qui à 10,92 m sur 6,42 m; la deuxième entre les stations de Belleville et des Couronnes à 150 m environ de Belleville et dont les dimensions sont de 10,80 m sur 3,19 m.

Quels ont été les effets de ces diverses mesures?

Le graphique des analyses d'air du *quatrième trimestre 1906* nous montre immédiatement que la situation a continué de s'améliorer pour les tunnels de Dauphine à l'Étoile, et que cette amélioration s'étend au tunnel Étoile-Ternes. L'exécution du puits du ventilateur des Ternes y a sans doute contribué, mais, de la station des Ternes jusqu'à celle de Rome, l'atmosphère des tunnels est toujours à peu près aussi viciée, avec une proportion d'acide carbonique voisine de 100 l.

La baie d'aération ouverte dans la couverture de la station de la rue de Rome a amélioré la situation pour les tunnels voisins, mais du côté de la place Clichy seulement. Comme le profil en long de la ligne est en rampe de Rome vers Clichy, il est rationnel de supposer que de l'air pur a pénétré dans les tunnels par la baie d'aération de la station de Rome et que la ventilation naturelle s'est établie par un courant d'air chaud montant, de Rome vers Clichy. Nous verrons que ce fait a été constaté par expérience, et que l'on a observé en même temps qu'il y avait un courant d'air vicié venant de la station de Villiers vers la station de la rue de Rome, pour s'échapper par une partie de cette même baie d'aération.

En résumé, nous voyons que l'atmosphère des tunnels a été améliorée entre les stations de Rome et de la Place Blanche sur 1 km de longueur, mais déjà nous retrouvons une proportion de 100 l d'acide carbonique pour 100 m³ d'air dans le tunnel Blanche-Pigalle. Cette proportion diminue ensuite progressivement jusqu'à la partie aérienne de la ligne.

Pour les tunnels qui se trouvent au delà de la partie aérienne, dans le souterrain Combat-Nation, la situation est également devenue meilleure, mais l'effet de la baie d'aération voisine de Belleville n'apparaît pas nettement sur les graphiques. En outre; les courants d'air s'établissent avec une faible vitesse dans l sens descendant du profil en long, entre la baie voisine Belleville et la station des Couronnes, c'est-à-dire en sens inver de la direction qui aurait paru le plus probable.

On ne pourra sans doute juger avec certitude quelle e

Digitized by Google

l'action de cette baie d'aération de Belleville que lorsque des analyses d'air et des expériences postérieures en auront confirmé les bons effets.

Dans tous les cas. il semble bien que l'on n'a guère réalisé que des améliorations locales sur cette ligne n° 2 nord, et c'est ce que vient confirmer le graphique des températures, correspondant au *quatrième trimestre 1906*. La baie d'aération de la rue de Rome paraît avoir provoqué une diminution de température de 3 degrés environ, dans le tunnel Rome-Clichy, où l'on observe 18,5 degrés, tandis que l'on a 21,4 degrés dans le tunnel Villiers-Rome. C'est donc encore du côté de Clichy que la température a baissé; mais nous avons déjà 22 degrés dans le tunnel Blanche-Pigalle.

Le puits du ventilateur des Ternes aura sans doute contribué également à abaisser la température dans son voisinage.

On constate qu'au delà de l'Étoile jusqu'à Dauphine la température reste très élevée, tandis que l'atmosphère est très peu viciée.

Dans la partie souterraine Combat-Nation, on observe des températures encore plus élevées, vers l'extrémité de la ligne; nous trouvons 22,8 degrés au milieu du tunnel Bagnolet-Avron, et pourtant là encore, l'atmosphère est très peu viciée. L'influence de la cheminée d'aération de 2,37 m sur 1,58 m qui se trouve plus loin, boulevard de Charonne, dans la boucle terminus de la ligne est donc sans effet pour abaisser la température des tunnels voisins.

Tout comme pour la ligne n° 1, nous voyons que les variations journalières de la température extérieure n'exercent pas d'influence sensible sur la température de l'air des tunnels et que, sur la ligne n° 2 nord, les températures sont analogues à celles que l'on a observées dans les tunnels de la ligne n° 1.

* * *

Nous dirons maintenant quelques mots du procédé expérimental employé par M. Albert-Lévy pour déterminer, dans les tunnels voisins des baies d'aération, la direction *du courant d'air* e la ventilation naturelle, malgré les perturbations apportées à haque instant dans les mouvements de l'air par le passage des nvois. Ce procédé serait évidemment susceptible d'être applié d'une façon tout à fait générale, dans les tunnels des méopolitains, pour déterminer le sens du courant d'aération et il

Digitized by Google

permettrait de calculer la vitesse moyenne de ce courant d'air pendant un intervalle de temps donné.

Les expériences effectuées pour déterminer l'influence de la baie de la station de Rome ont été faites au milieu des tunnels voisins, Villiers-Rome et Rome-Clichy.

Un anémomètre enregistreur a été placé contre les parois dans la direction même (de gauche à droite) que suivent les trains qui longent cette paroi. On a attendu vingt minutes environ et l'expérience a été arrêtée après le passage de quatorze trains (sept montants et sept descendants).

L'aiguille de l'anémomètre, durant ce temps, n'a cessé de tourner, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, donnant des lectures positives ou négatives, et finalement indiquant une vitesse qui est le résultat des vitesses différentes qu'elle a successivement enregistrées. Si la lecture finale est positive, c'est que la direction résultante du courant d'air est celle de la gauche vers la droite, c'est-à-dire le sens de la marche des trains qui longent la paroi près de laquelle l'anémomètre a été placé.

Quant à la vitesse moyenne dans le voisinage de cette paroi, on l'obtiendra en divisant par le temps de l'observation la lecture exprimée en mètres par seconde.

Un second anémomètre est placé juste en face du premier, contre la paroi opposée du tunnel, toujours dans la direction de gauche à droite, qui est celle des trains longeant cette paroi.

On relève, en même temps, les indications des deux instruments, et on calcule la différence de lecture.

S'il n'y a aucune aération dans le tunnel, cette différence sera nulle, l'influence du passage des convois étant égale et de sens contraire dans le voisinage des deux parois.

S'il y a une différence dans la lecture, on obtiendra la vitesse du courant d'aération en divisant cette différence par le temps de l'observation exprimé en secondes, et la direction générale de ce courant d'air sera celle indiquée par le signe de la différence des lectures.

Ainsi que le fait remarquer M. Albert-Lévy, il est bien évident que la vitesse de l'air ainsi obtenue est seulement approchée, bien que l'on se soit astreint à compter le même nombre de trains dans les deux sens et que l'on se soit placé au milieu du tunnel, car on ne pourrait affirmer que les trains montants et descendants avaient exactement la même vitesse. Mais on peut déterminer tout au moins la direction du courant d'air.

Digitized by Google

Sans doute il y aurait un moyen d'éviter les tourbillons produits par le passage des trains, ce serait d'opérer pendant la nuit, lorsque la circulation des convois est interrompue. Mais la ventilation qui s'établit à ce moment est toute différente, par suite de l'ouverture des portes des stations, et c'est l'aération diurne qu'il est utile de connaître.

En ce qui concerne les calculs de vitesses moyennes on remarquera que le procédé imaginé par M. Albert-Lévy est susceptible d'une plus grande précision, puisqu'il suffirait de disposer des anémomètres en des points plus nombreux d'une même section transversale, répartis symétriquement deux à deux, dans les zones libres de la section tout autour du gabarit de passage des convois.

On ferait une moyenne générale des différences de lecture des instruments symétriques, d'après laquelle la vitesse moyenne serait calculée et avec d'autant plus de précision que les lectures seraient plus nombreuses.

Voici quels ont été les résultats obtenus en opérant comme il a été indiqué précédemment, dans les tunnels voisins de la station de Rome.

Tunnel Rome-Clichy, côté montant : anémomètre + 1 262.
— côté descendant : anémomètre + 3.

Conclusion : le courant d'air est dirigé de Rome vers Clichy avec une vitesse moyenne de $\frac{1\,262 - 3}{20 \times 60} = 1{,}05$ m par seconde.

Tunnel Villiers-Rome, côté montant : anémomètre + 733.
— côté descendant : anémomètre + 263.

Conclusion : le courant d'air est dirigé de Villiers vers Rome avec une vitesse moyenne de $\frac{733 - 263}{20 \times 60} = 0{,}39$ m par seconde.

Ainsi la baie d'aération ménagée dans la couverture de la station de Rome n'assainit les tunnels que du côté Rome-Clichy, ce que les proportions d'acide carbonique indiquées précédemment nous apprennent déjà.

### Ligne métropolitaine n° 3. — Gambetta-Villiers.

Cette ligne, entièrement souterraine, dont la longueur est de [illegible]m environ, a été ouverte à l'exploitation en octobre 1904, de



Digitized by Google

la place Villiers à la station du Père-Lachaise, et en janvier 1905 jusqu'au terminus place Gambetta.

Nous donnons, ci-après, le tableau des résultats des analyses d'air qui ont été effectuées dans les différents tunnels de cette ligne.

**Ligne n° 3.**

| TUNNELS | 1904 | | | 1905 | | | 1906 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Avant l'exploitation | | Novembre | 1er trimestre | 2e trimestre | 4e trimestre | 1er trimestre | 4e trimestre |
| | Février | Octobre | | | | | | |
| | l | l | l | l | l | l | l | l |
| Villiers-Europe. . . . . | » | » | 76 | 72 | » | 74 | 80 | 74 |
| Europe-Saint-Lazare . . | » | » | 60 | 57 | » | 68 | 63 | 77 |
| Saint-Lazare-Caumartin . | » | » | 75 | 62 | » | 82 | 79 | 80 |
| Caumartin-Opéra . . . . | » | » | 74 | 80 | » | 77 | 73 | 66 (5) |
| Opéra-4-Septembre . . . | 52 | 47 | 70 | 83 | » | 73 | 63 | 78 |
| 4-Septembre-Bourse. . . | » | » | 67 | 85 | » | 92 | 79 | 72 |
| Bourse-Sentier . . . . . | » | » | 64 | 99 | » | 84 | 92 | 70 |
| Sentier-Saint-Denis . . . | » | » | 50 | 93 | » | 75 | 76 | 61 |
| St-Denis-Arts-et-Métiers. | 45 | 45 | 59 | 98 | » | 81 | 73 | 70 |
| Arts-et-Métiers-Temple . | » | » | 87 | 97 | » | 92 | 83 | 62 |
| Temple-République . . . | » | » | 81 | 101 | 72-71 | 101 | 74 | 65 |
| République-Parmentier . | » | » | 56 | 105 (1) | 71-70 | 52 | 49 | 55 (6) |
| Parmentier-Saint-Maur . | 46 | 47 | 76 | 88 | 68-72 | 40 | 60 | 70 |
| St-Maur-Père-Lachaise. . | » | » | 65 | 80 | » | 47 | 60 | 76 |
| Père-Lachaise-M.-Nadaud. | » | » | » | 88 (2) | » | 51 | 58 | 75 |
| M.-Nadaud-Gambetta . . | » | » | » | 64 (3) | » | 53 | 61 | 49 |
| Gambetta-Roquette . . . | » | » | » | 64 (4) | » | » | » | » |

(1) Infiltration d'eau.
(2) Léger courant d'air venant du Père-Lachaise.
(3) Tunnel de grande section, quatre voies en éventail.
(4) Garage et nettoyage des voitures.
(5) Travaux, communication avec l'atmosphère extérieure.
(6) Galerie rejoignant la ligne n° 5 en construction.

On voit que pendant le premier trimestre de 1905 on a observé des proportions d'acide carbonique supérieures à 100 l ou très voisines, dans les tunnels, depuis la station de la Bourse jusqu'à celle de Parmentier. La situation est meilleure au quatrième tri-

Digitized by Google

**Ligne n° 3.**

| PRÉLÈVEMENTS | DATES | EXTÉRIEUR | | TUNNELS | | | ACIDE CARBONIQUE COMPARAISON | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Température | Tension de la vapeur d'eau | Température | Tension de la vapeur d'eau | Acide carbonique | 4e trimestre 1904 | 4e trimestre 1905 | 4e trimestre 1906 |
| | | degrés | mm | degrés | mm | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Villiers-Europe . . . . . . . . | 1er oct. 1906 | 17,0 | 7,6 | 22,5 | 12,5 | 74 | 76 | 74 | 74 |
| Europe-Saint-Lazare . . . . . | d° | » | » | 21,9 | 11,9 | 77 | 60 | 68 | 77 |
| Saint-Lazare-Caumartin. . . . | d° | » | » | 22,0 | 12,5 | 80 | 75 | 82 | 80 |
| Caumartin-Opéra . . . . . . . | 2 oct. 1906 | 17,2 | 17,7 | 21,3 | 13,2 | 66 | 74 | 77 | 66 |
| Opéra-4-Septembre . . . . . . | d° | » | » | 22,0 | 15,1 | 78 | 70 | 73 | 78 |
| 4-Septembre-Bourse. . . . . . | d° | » | » | 23,0 | 15,8 | 72 | 67 | 92 | 72 |
| Bourse-Sentier . . . . . . . . | 5 oct. 1906 | 20,3 | 13,3 | 23,2 | 16,7 | 70 | 64 | 84 | 70 |
| Sentier-Saint-Denis . . . . . . | d° | » | » | 23,1 | 16,3 | 61 | 50 | 75 | 61 |
| Saint-Denis-Arts-et-Métiers . . | d° | » | » | 23,0 | 16,4 | 70 | 59 | 81 | 70 |
| Arts-et-Métiers-Temple . . . . | 8 oct. 1906 | 19,0 | 11,4 | 23,2 | 15,8 | 62 | 87 | 92 | 62 |
| Temple-République . . . . . . | d° | » | » | 21,9 | 14,6 | 65 | 81 | 101 | 65 |
| République-Parmentier . . . . | d° | » | » | 20,0 | 14,8 | 55 | 56 | 52 | 55 |
| Parmentier-Saint-Maur . . . . | 9 oct. 1906 | 21,0 | 13,9 | 22,5 | 15,2 | 70 | 76 | 40 | 70 |
| Saint-Maur-Père-Lachaise . . . | d° | » | » | 23,5 | 15,9 | 76 | 65 | 47 | 76 |
| Père-Lachaise-Martin-Nadaud . | d° | » | » | 23,4 | 15,8 | 74 | » | 51 | 75 |
| Martin-Nadaud-Gambetta . . . | d° | » | » | 23,0 | 15,0 | 49 | » | 53 | 49 |
| MOYENNES . . . . . . | | | | 22,5 | 14,8 | | 69 | 65 | 69 |

Digitized by Google

mestre 1905, puisque la proportion de 100 l n'est atteinte que dans le tunnel Temple-République.

Elle s'est encore améliorée, pour les plus mauvais tunnels, au premier trimestre 1906, et le tableau de la page 175 montre que pendant le quatrième trimestre 1906 les proportions d'acide carbonique varient peu dans toute l'étendue de la ligne. Mais la moyenne des quantités d'acide carbonique pour l'ensemble de tous les tunnels est restée sensiblement constante pendant le quatrième trimestre des trois années 1904, 1905 et 1906, ainsi que cela ressort du tableau suivant où sont détaillés, d'autre part, les résultats des relevés de température et des tensions de vapeur d'eau pour les dernières opérations effectuées.

Bien que, d'une manière générale, l'atmosphère soit moins viciée dans les tunnels de la ligne n° 3 que dans ceux des lignes n° 1 et 2 nord, ouvertes d'ailleurs à l'exploitation depuis plus longtemps, les températures élevées constatées dans la ligne n° 3 permettent déjà de se rendre compte que l'aération des tunnels est insuffisante.

D'ailleurs, en août 1905, on a dû ventiler le souterrain de garage qui se trouve au delà de la boucle terminus, sous l'avenue Gambetta. La cheminée d'aération exécutée, a 2,45 m × 1,66 m et un ventilateur aspire l'air pur par cette cheminée et le refoule dans le garage.

Il a fallu ventiler également la boucle terminus au delà de la station de Villiers, sous le parc Monceau. On a exécuté deux puits à section circulaire, de 1,50 m de diamètre, dans lesquels seront installés de petits ventilateurs qui y refouleront de l'air pur.

On a rendu ainsi l'atmosphère des boucles de Gambetta et de Villiers moins pénible à supporter pour le personnel de l'exploitation.

### Ligne n° 2 Sud. — Italie-Étoile.

Cette ligne est exploitée, de l'Italie au Trocadéro, depuis le 2 octobre 1900. Elle a été ouverte à l'exploitation, du Trocadéro au quai de Passy, le 5 novembre 1903, et de Passy à la place d'Italie le 24 avril 1906.

Nous donnons ci-après le tableau des analyses d'air et des relevés de températures effectués en octobre 1906 dans les différents tunnels de cette ligne, ainsi que dans les sections de la ligne n°

Digitized by Google

qui lui fait suite (Italie-Mazas) et dans le raccordement qui va de Mazas à la gare de Lyon.

En octobre 1906, les trains de la ligne n° 2 Sud empruntaient provisoirement ces dernières lignes alors achevées pour circuler au delà de la place d'Italie jusqu'à la gare de Lyon, où l'on se raccorde avec la ligne n° 1.

**Ligne n° 2 sud.**

| TUNNELS | DATES | TUNNELS | | EXTÉRIEUR | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Température | Tension de la vapeur d'eau | Température | Tension de la vapeur d'eau | Acide carbonique |
| | | degrés | mm | degrés | mm | 1 |
| Lyon-Mazas (1) . . . . . . . . | 15 oct. 1906 | 13,2 | 5,7 | 16,0 | 7,7 | 34 |
| Saint-Marcel-Campo-Formio . . | d° | » | » | 17,6 | 9,9 | 46 |
| Campo-Formio-Italie. . . . . . | d° | » | » | 18,2 | 10,5 | 45 |
| Italie-Corvisart (2) . . . . . . | 16 oct. 1906 | 15,5 | 8,6 | 17,4 | 10,1 | 33 |
| Saint-Jacques Denfert. . . . . | d° | » | » | 18,1 | 10,9 | 39 |
| Denfert-Raspail. . . . . . . . | d° | » | » | 18,3 | 12,0 | 45 |
| Raspail-Quinet . . . . . . . . | 18 oct. 1906 | 17,5 | 9,4 | 19.3 | 11,5 | 53 |
| Quinet-Montparnasse . . . . . | d° | » | » | 19,1 | 12,0 | 57 |
| Montparnasse-Pasteur (3) . . . | d° | » | » | 19,8 | 12,9 | 67 |
| Passy-Trocadéro. . . . . . . . | 19 oct. 1906 | 14,8 | 9,6 | 18,0 | 10,6 | 46 |
| Trocadéro-Boissière . . . . . . | d° | » | » | 20,6 | 12,7 | 60 |
| Boissière-Kléber. . . . . . . . | d° | » | » | 20,6 | 13,2 | 78 |
| Kléber-Étoile. . . . . . . . . | d° | » | » | 22,1 | 14,3 | 83 |

(1) La partie Mazas-Orléans-Saint-Marcel est aérienne.

(2) La partie Corvisart-Glacière-Saint-Jacques est aérienne.

(3) La partie Pasteur-Suffren-Cambronne-La Motte-Picquet-Grenelle-Passy est aérienne.

On voit que l'atmosphère est le plus viciée vers l'Étoile dans la section antérieurement exploitée Étoile-Trocadéro, et que c'est dans cette partie que la température est le plus élevée.

lais on observe déjà 19,8 degrés dans le tunnel Montparnasse-teur et des températures presque aussi fortes dans les tunnels sins, bien que l'atmosphère soit très peu viciée. Là encore, is remarquons que l'élévation de température précède la vicia-1 de l'atmosphère qui va certainement augmenter graduelle-nt dans les parties souterraines de la ligne.

Digitized by Google

Les résultats des analyses « continues » effectuées par M. Albert-Lévy dans le tunnel Edgar-Quinet-Raspail, ont montré qu'il y a un accroissement de 8 l d'acide carbonique dès le premier jour de l'exploitation ; au bout de quarante jours la moyenne de toutes les analyses accusait un accroissement de 17 l.

Pour terminer, nous indiquerons quelques résultats d'analyses et de relevés de températures pour l'air des voitures.

Les chiffres les plus élevés observés par M. Albert-Lévy sont les suivants :

| | Température. | Acide carbonique. |
|---|---|---|
| | — | — |
| Le 8 décembre 1903, 2ᵉ classe, 65 voyageurs. | 21 degrés | 1891 |
| Le 29 janvier 1903, 2ᵉ classe, surchargée. . . | 20,2 | 175 |
| Le 3 décembre 1903, 2ᵉ classe, surchargée . . | 19,8 | 171 |

Dans l'intérieur même d'une voiture, on ressent presque instantanément l'influence de la ventilation.

C'est ainsi que l'on a observé :

| | ACIDE CARBONIQUE | TEMPÉRATURE | TENSION de la VAPEUR D'EAU |
|---|---|---|---|
| | l | degrés | mm |
| Entre Palais-Royal et Bastille . . . . | 112 | 25,2 | 18,3 |
| Entre Bastille et Reuilly. . . . . . . | 64 | 24,5 | 13,7 |
| Entre Rome et Anvers. . . . . . . . | 83 | 22,5 | 15,1 |
| Traversée à l'air libre. . . . . . . . | 40 | 21,0 | 10,4 |
| Entre Combat et Père-Lachaise . . . | 80 | 22,0 | 13,1 |

Dans une voiture *non utilisée* depuis la veille, et qui a été prise à la Porte Maillot, on a relevé les chiffres suivants, le 6 février 1902 :

| | Température | Acide Carbonique |
|---|---|---|
| | — | — |
| | Degrés | Litres |
| Porte Maillot . . . . . . . . . | 15 | 97 |
| Châtelet . . . . . . . . . . | 16,2 | 150 |
| Vincennes . . . . . . . . . . | 16 | 107 |

La température extérieure était de 5,2 degrés. La proportion de 97 l d'acide carbonique au départ montre combien l'aération était imparfaite.

Digitized by Google

Ces voitures étaient ventilées pendant la marche des convois, en laissant ouverts une partie des châssis vitrés latéraux. Il s'établit ainsi des courants d'air qui facilitent évidemment dans une certaine mesure le renouvellement de l'atmosphère des voitures. On a cherché à améliorer cette ventilation dans le nouveau matériel mis en service sur la ligne n° 3, en ménageant des ouvertures à la partie supérieure des voitures. Dans ce but, le plafond a été surélevé, et les vides ménagés tout autour ont été garnis de toiles métalliques au travers desquelles l'air peut circuler.

Voici quelques résultats d'expériences comparatives entre les anciennes voitures à ventilation latérale et les nouvelles voitures à ventilation double (latérale et au plafond). Les prélèvements d'air ont été faits simultanément dans des voitures des deux types entrant dans la composition d'un même convoi, et les numéros des expériences correspondent aux prélèvements effectués au même instant.

| | NOMBRE de VOYAGEURS | TEMPÉRATURE | TENSION de la VAPEUR D'EAU | ACIDE CARBONIQUE dans 100 m³ d'air |
|---|---|---|---|---|
| VOITURES A VENTILATION LATÉRALE | | | | |
| | | degrés | mm | l |
| 1re expérience. . . | 28 | 23,5 | 15,9 | 106 |
| 2e — . . . | 44 | 24,3 | 18,0 | 132 |
| 3e — . . . | 38 | 23,0 | 12,5 | 115 |
| 4e — . . . | 39 | 22,7 | 14,9 | 128 |
| VOITURES A VENTILATION DOUBLE (LATÉRALE ET AU PLAFOND) | | | | |
| 1re expérience. . . | 39 | 24,8 | 16,5 | 98 |
| 2e — . . . | 53 | 24,5 | 17,8 | 119 |
| 3e — . . . | 51 | 23,4 | 14,1 | 125 |
| 4e — . . . | 52 | 23,5 | 13,5 | 124 |

La proportion d'acide carbonique par voyageur est donc beaucoup plus grande dans les anciennes voitures que dans les nouvelles mais pour analyser plus complètement les effets de la ventilation des voitures, il y aurait lieu de tenir compte de leurs

Digitized by Google

capacités variables et des cubes d'air par voyageur, dans les deux cas.

Nous ne possédons pas de résultats d'analyses bactériologiques de l'air des tunnels et des voitures.

Les hygiénistes seuls sont qualifiés pour nous dire dans quelle mesure l'atmosphère que l'on respire dans les souterrains peut être nuisible pour la santé des voyageurs ou du personnel qui doit y séjourner.

Dans son étude sur l'hygiène des Métropolitains souterrains (1) le docteur Lucien Graux semble pessimiste.

Dans la séance du 31 août 1902 du Conseil d'Hygiène publique et de Salubrité du Département de la Seine, M. le professeur Haller, rappelant les expériences de M. Albert-Lévy et celles qu'il a faites lui-même et qui donnent exactement les mêmes résultats, en concluait « que l'atmosphère du souterrain est viciée », et, après avoir montré que les moyens chimiques seraient insuffisants pour purifier l'air des tunnels ou des voitures, il disait qu'il fallait chercher dans les moyens mécaniques la solution du problème.

Enfin, dans la séance du Conseil d'Hygiène du 4 décembre 1903, M. Armand Gautier concluait en disant que ce n'est peut-être pas la teneur absolue de l'air en acide carbonique qui peut être sensiblement nuisible, « mais qu'elle est le signe de la présence dans l'air des produits gazeux ou miasmatiques qui l'accompagnent, produits autrement désagréables et dangereux versés par la peau, la respiration, le tube digestif, le
« poumon, et d'autant plus nuisibles que la vapeur d'eau pres-
« que à saturation dans ces souterrains les condense immédia-
« tement, les transporte sur tous les objets et, pour dire le mot,
« les porte de bouche en bouche. »

Nous devons maintenant remercier M. Albert-Lévy pour sa grande obligeance à nous documenter sur ses intéressants travaux. Il serait à désirer que des expériences analogues soient entreprises, d'une façon méthodique, dans de nombreux tunnels de chemins de fer et de métropolitains.

(1) Rapport présenté au II° Congrès international d'assainissement et de salubrité de l'habitation qui s'est réuni à Genève, l'année dernière, par le docteur Lucien Graux, rédacteur en chef de la *Gazette des Eaux*.

Digitized by Google

## Conclusions Générales.

Ainsi que nous le faisions remarquer au début de notre communication, la ventilation des tunnels des lignes métropolitaines a été moins étudiée que celle des tunnels de chemins de fer. Il est en effet évident que ce qui a été fait est peu de chose, à côté de ce qui resterait à faire, aussi bien à l'étranger que chez nous.

Mais, si les données d'expériences sont encore incomplètes, quelques conclusions pratiques nous semblent pourtant s'en dégager.

Nous allons tenter de les indiquer en nous limitant à celles qui paraissent les plus évidentes.

Nous avons recherché précédemment les causes de la viciation de l'atmosphère et de l'élévation de la température à l'intérieur des tunnels de chemins de fer métropolitains, et nous avons vu que les conditions ordinaires d'exploitation entraînaient également la production de poussières.

Si nous admettons, comme c'est le cas le plus général, que la traction électrique soit employée, nous avons donc à éviter les inconvénients suivants :

1° Viciation de l'atmosphère des tunnels, par une trop forte proportion :

*a*) D'acide carbonique d'origine respiratoire ;

*b*) De vapeur d'eau ;

*c*) D'autres gaz ou miasmes nocifs produits par la respiration, de bactéries pathogènes, etc. ;

2° Élévation de la température ;

3° Poussières en suspension dans l'air.

Pour éviter ces inconvénients ou du moins les atténuer dans la plus large mesure, nous disposons de certains moyens.

Voyons en premier lieu quels sont les effets à attendre de la ventilation.

Une ventilation modérée permet d'abaisser notablement la proportion *d'acide carbonique et de vapeur d'eau* contenue dans l'atmosphère des souterrains. Nous l'avons constaté par les résultats de la ventilation nocturne qui s'établit dans les tunnels de nos lignes métropolitaines, en maintenant simplement

Digitized by Google

ouvertes les portes des stations pendant les heures de nuit où le service est interrompu.

Mais la mauvaise odeur des tunnels à la reprise du service, le matin, nous montre qu'une ventilation suffisante pour réduire convenablement la quantité d'acide carbonique, ne purifie pas entièrement l'air des *gaz et miasmes nocifs d'origine respiratoire* qui s'y sont accumulés pendant le jour, ainsi sans doute que des bactéries pathogènes qu'il pouvait contenir.

Nous voyons, en même temps, qu'une ventilation modérée n'abaisse pas notablement la *température* et nous avons eu, d'autre part, l'occasion de le constater en étudiant les effets des baies d'aération.

Une ventilation très active paraît donc nécessaire, et il est bien certain que, quelle que soit la température extérieure, elle permettra d'éviter qu'il n'y ait de trop grands écarts de température entre l'air des tunnels et le dehors, ce qui, au point de vue de l'hygiène, est sans doute le plus désirable.

Il est évident que, si l'on voulait avoir également pendant les journées les plus chaudes de l'été une fraîcheur relative à l'intérieur des tunnels, la ventilation ne permettrait pas de l'obtenir, mais il suffirait de refroidir l'air que la ventilation fait pénétrer dans les souterrains, ou d'en rafraîchir l'atmosphère par des procédés pratiques appropriés.

Quant aux *poussières* en suspension dans l'air, une bonne ventilation les évacuera au dehors, si elles ne sont pas en proportions trop considérables, mais il y aura tout avantage à s'efforcer d'en réduire la quantité en s'attaquant aux causes qui les produisent.

Enfin les hygiénistes nous demanderaient de compléter toutes ces mesures en nous ménageant la possibilité d'effectuer des nettoyages complets par voie humide, qui seraient très efficaces pour assainir les souterrains.

Nous n'avons indiqué les différentes conditions à réaliser que pour examiner si elles sont incompatibles, ou si leurs exigences peuvent être conciliées.

C'est ce que nous rechercherons en terminant cette communication, après avoir étudié tout d'abord d'une manière très générale, dans quelles conditions la ventilation des métropolitains souterrains peut être assurée.

Nous avons vu que, dans les lignes métropolitaines à trafic intensif comportant des tunnels de grande longueur, la ventila-

Digitized by Google

tion naturelle est généralement insuffisante, malgré les communications plus ou moins directes qui existent en certains endroits et notamment aux stations, entre l'atmosphère des tunnels et l'air extérieur.

En général, on devra donc avoir recours à la ventilation mécanique.

On peut ventiler les métropolitains souterrains par de puissantes installations de ventilation mécanique très espacées les unes des autres, en se proposant de déterminer un courant d'air général dans des sections de tunnels le plus longues possible. On peut, au contraire, envisager la solution inverse; ventilation par sections de faibles longueurs, avec de petites installations relativement voisines les unes des autres. Nous étudierons sommairement ces deux procédés,

La ventilation par *grandes sections* convient évidemment très bien pour assurer l'aérage des tunnels pendant les heures d'interruption du service des trains, c'est-à-dire pendant quelques heures de nuit seulement et c'est dans ces conditions qu'elle a été adoptée au Central London. A ce moment, des dispositions spéciales sont prises pour empêcher des rentrées ou des sorties d'air accidentelles par les accès des stations.

Des dispositifs spéciaux, par exemple l'établissement de doubles portes à toutes les stations intermédiaires, permettraient, sans doute, d'y arriver d'une façon pratiquement suffisante pendant le jour.

Mais la présence de nouveaux convois échelonnés à faible distance dans ces longs souterrains, et les mouvements d'air tourbillonnaires provoqués par le passage des trains contrarient le courant d'air de la ventilation artificielle, et nous avons vu par les résultats des expériences qui ont été faites au Saint-Gothard, combien la circulation des trains modifie la vitesse du courant d'air de la vitesse artificielle, même pour les souterrains à double voie.

Nous extrayons de la *Revue Industrielle* (1) quelques renseignements relatifs à des expériences qui ont été faites en 1901, par la Compagnie du Métropolitain et qu'il nous parait intéressant de signaler ici, car elles mettent bien en lumière l'importance des résistances produites par le passage des convois, dans des sections de tunnels de grande longueur.

(1) *Revue Industrielle*, numéro du 12 mars 1904.

Digitized by Google

Ces expériences ont été faites entre les stations de Vincennes et de la Bastille, sur une distance de près de 4 km.

« En octobre 1901, la Compagnie du Métropolitain chercha à ventiler ce tunnel; on plaça, à la station de Vincennes, un ventilateur de 2,500 m de diamètre aspirant et soufflant, à courant réversible, à volonté, débitant 50 à 60 m³ par seconde et commandé par des moteurs électriques qu'alimentait le courant pris sur le service de la traction des voitures.

» Les expériences se firent d'abord dans la journée pendant la circulatien des trains. On procéda par aspiration, puis par refoulement; un ventilateur aspirait l'air du tunnel et le rejetait au dehors; les inconvénients suivants se firent sentir immédiatement: En se croisant, les trains formaient dans le premier cas un écran qui empêchait l'air de venir de la station de la Bastille, la dépression se constituait et l'air rentrait par les portes des stations de Vincennes et de la Nation avec une vitesse telle que les voyageurs étaient, pour ainsi dire, aspirés dans le tunnel, sitôt qu'ils avaient ouvert les portes; ils éprouvaient, d'ailleurs, une certaine difficulté à les ouvrir par suite de la dépression, les billets qu'ils présentaient à poinçonner s'envolaient même. Il a fallu renoncer à cette disposition, le courant d'air était trop violent à la station de Vincennes, tandis qu'il se faisait à peine sentir à la station de la Nation et encore moins aux autres.

» On procéda ensuite par refoulement, l'effet inverse se produisit; l'air surpressé dans la station de Vincennes ne pouvait s'échapper que par la station de la Bastille, en raison de l'obstruction créee par le croisement des trains: il s'écoulait par les portes et gênait l'entrée des voyageurs dans la station.

» On dut renoncer à faire fonctionner le ventilateur pendant la circulation des trains et on ne le fit marcher qu'entre une heure et cinq heures du matin. Le résultat fut alors complet; comme les portes des stations restaient fermées, le courant d'air se fit sentir jusqu'à la station de la Bastille avec une vitesse de 1,80 m par seconde, ce qui donnait un débit de 50 m³ par seconde. »

Puisque le rendement pneumatique d'une installation de ventilation mécanique est considérablement diminué par les mouvements tourbillonnaires provoqués par le passage des trains et par les résistances qu'ils créent dans les tunnels, il semble qu'il y aurait intérêt à ventiler par *sections de faible longueur*, car le

Digitized by Google

nombre des convois qui se trouvent, à un moment donné, dans une section de tunnel est d'autant moindre que la section considérée est plus courte.

D'autre part, quel que soit le système de ventilation adopté, il faut évacuer l'air vicié au dehors par des cheminées d'aérage spéciales: on ne saurait admettre qu'il s'échappe par les accès des stations.

Plus les puits d'aérage seront nombreux, moins on aura d'air vicié à évacuer par chacun d'eux, et en les rapprochant suffisamment il serait sans doute possible d'éviter la construction de cheminées d'aérage. De simples kiosques suffiraient alors pour rejeter l'air vicié à quelques mètres au-dessus du niveau des voies publiques.

Comme nous nous plaçons ici dans le cas le plus général de la traction électrique, la facilité que l'on a de commander à distance de nombreux petits ventilateurs électriques permet d'envisager une telle solution.

Nous avons examiné les deux hypothèses extrêmes, ventilation par sections très courtes ou par sections de grande longueur.

Des études comparatives des dépenses de premier établissement faites dans chaque cas particulier montreraient, seules, jusqu'à quel point il est pratiquement permis d'admettre la multiplicité des petites installations.

Nous voyons que c'est la solution par section de faible longueur qui a été adoptée au Métropolitain souterrain de Boston.

C'est aussi une solution de ce genre que nous retrouvons pour les tunnels de Baker Street and Waterloo Railway à Londres, et pour ceux du Great Northern, Piccadilly and Brompton.

Comment seront conçues, en principe, les installations de ventilation mécanique des lignes métropolitaines? Doit-on opérer par *aspiration* d'air vicié ou par *insufflation* d'air pur dans les tunnels?

On sait que, pour la ventilation des mines, c'est généralement par aspiration d'air vicié que l'on opère. On trouve plus avantageux de provoquer des courants d'air dans les galeries par une dépression plutôt qu'une suppression de cet air par rapport à la pression atmosphérique. Dans les installations de ventilation mécanique des lignes métropolitaines étrangères que nous avons décrites, c'est également par aspiration d'air vicié que s'effectue l'aérage des tunnels. C'est aussi la solution adoptée pour la ventilation de la partie souterraine de la ligne de Sceaux vers le Luxembourg.

Digitized by Google

Il nous semble que, pour les lignes métropolitaines souterraines, la ventilation par aspiration présente des avantages qui expliquent parfaitement cette préférence. Car il est de tout intérêt que les mouvements d'air qui s'effectuent naturellement par toutes les communications existantes entre les tunnels et l'extérieur, soient des courants d'air allant de l'extérieur vers l'intérieur et que l'on ait par les accès des stations, des rentrées d'air pur, et non par des sorties d'air vicié. Ces dernières doivent se faire pas des cheminées spéciales, et par des procédés mécaniques, afin d'être assuré que l'air vicié s'échappera toujours au dehors par les issues prévues, quelles que soient les conditions atmosphériques extérieures.

Et nous devons toujours penser, malgré toutes les précautions prises pour éviter les accidents, qu'en cas d'incendie ce serait des gaz irrespirables qui remplacerait l'air vicié que la ventilation doit rejeter au dehors.

Nous avons vu qu'au chemin de fer métropolitain de Boston, on aspire l'air vicié vers le milieu des tunnels compris entre chaque station, l'air pur pénétrant naturellement par ces dernières.

Cette solution est parfaitement rationnelle et paraît très recommandable.

Si les tunnels des chemins de fer métropolitains doivent être particulièrement bien aérés, d'autres conditions sont encore à remplir pour en assurer la salubrité. Les hygiénistes réclament, notamment, la suppression du ballast qui empêche les lavages des tunnels par voie humide.

C'est ainsi que dans son rapport sur « l'hygiène des métropolitains souterrains », le docteur Lucien Graux, s'élève contre les inconvénients du ballast, à l'intérieur duquel viennent s'accumuler toutes les impuretés qui y pénètrent, et dont la présence s'oppose à « un nettoyage facile et réel » de la voie.

La suppression du ballast diminuerait aussi la production des poussières, elle est donc certainement désirable au point de vue de l'hygiène. Signalons, à ce sujet, une étude tres intéressante de M. J.-B. Thierry, qui sera, croyons-nous, publiée prochainement, et dans laquelle il préconise un type de voie sans ballast, sur radier asphalté.

La forme du radier permettrait l'évacuation rapide des eaux de manière à pouvoir effectuer, par des procédés appropriés, des lavages des souterrains, pendant les heures de nuit où le service est interrompu.

Digitized by Google

M. Thierry a cherché également à obtenir une grande souplesse de la voie et à amortir davantage le bruit des trains.

La suppression du ballast dans les métropolitains souterrains a d'ailleurs été réalisée, d'une façon plus ou moins satisfaisante, au City and South London et au Central London.

Elle est actuellement à l'étude pour la ligne métropolitaine Nord-Sud de Paris.

Au point de vue de l'hygiène, les lavages des tunnels à grandes eaux sont assurément recommandables.

Mais nous voyons aussi que ce serait un procédé très efficace, pour évacuer au dehors la chaleur qui tend à s'accumuler dans les parois, et pour abaisser la température de l'air des tunnels par le rafraichissement que produit l'évaporation. On est donc amené à se demander si, au lieu de faire ces lavages pendant les heures de nuit où le service est interrompu, il n'y aurait pas lieu d'y procéder aussi, pendant les heures d'exploitation, ou du moins à certains moments, en arrosant, par exemple, les parois, comme au Simplon.

Comme l'humidité n'est pénible à supporter qu'avec la chaleur, et qu'on abaisserait ainsi la température, il est possible que cette pratique ne présenterait pas d'inconvénient, en y recourant, bien entendu, avec modération et en maintenant une bonne ventilation pour activer les phénomènes d'évaporation et pour empêcher l'atmosphère de se saturer d'humidité.

Pendant les journées très chaudes de l'été, lorsque l'air extérieur est à une température voisine à celle des tunnels, ce procédé serait sans doute commode pour rafraîchir l'atmosphère des souterrains. Mais il y a bien d'autres moyens de refroidir l'air introduit dans les tunnels par la ventilation mécanique, et si nous avons signalé celui-là, c'est parce qu'il se présente immédiatement à l'esprit, puisqu'il serait nécessaire, pour des considérations d'hygiène, de pouvoir procéder à des lavages fréquents des tunnels.

Quelle que soit l'importance que l'on attache à cette question, et même si l'on y voyait un moyen efficace d'abaisser la température pour compléter les effets de la ventilation, cette dernière n'en demeure pas moins nécessaire.

En recherchant quels procédés l'on pourrait mettre on œuvre, pour essayer de satisfaire à toutes les exigences énoncées, nous voyons que, loin d'arriver à des incompatibilités, les procédés envisagés semblent se compléter et s'améliorer mutuellement.

Digitized by Google

C'est d'une manière très générale que nous faisons cette constatation, ou plutôt, que nous vous soumettons cette impression, car nous n'avons voulu préconiser ici, aucune solution particulière.

Nous nous sommes seulement efforcés d'exposer dans son ensemble le problème de la ventilation des métropolitains souterrains. Des collègues plus compétents, seraient seuls qualifiés pour traiter avec autorité, toutes les questions qui s'y rattachent.

Dans cette communication, nous avons voulu simplement exposer des faits, des résultats d'expérience, sur lesquels on puisse s'appuyer pour l'étude d'une question aussi importante, et d'un intérêt général.

---

Digitized by Google

# LES ATMOSPHÈRES CONFINÉES

PAR

M. ALBERT-LÉVY

Les médecins et les hygiénistes reconnaissent aujourd'hui qu'un grand nombre de maladies infectieuses sont provoquées par l'insalubrité de nos demeures. On sait que la tuberculose est la maladie des atmosphères confinées. En voici une preuve frappante :

Une statistique établie par M. Ogle a fourni les résultats suivants : le nombre des victimes de la phtisie étant chez les pêcheurs représenté par l'unité 100, on a :

| | | Phtisie. |
|---|---|---|
| Ouvriers travaillant en plein air. | Pêcheurs | 100 |
| | Fermiers | 100 |
| | Jardiniers | 111 |
| | Ouvriers agricoles | 111 |
| Ouvriers travaillant dans un local fermé. | Merciers | 153 |
| | Marchands d'étoffes | 276 |
| Ouvriers travaillant dans un milieu confiné. | Tailleurs | 262 |
| | Imprimeurs | 424 |

Il va sans dire, en ce qui concerne la tuberculose, que d'autres facteurs, l'alcool par exemple, peuvent jouer également un rôle considérable.

Dans un air pur, de nombreuses statistiques l'attestent, le nombre des maladies diminue, les ouvriers mangent davantage, la production augmente par le fait de la plus grande activité que les ouvriers apportent à leur travail.

Ce n'est pas, on le comprend, que les différents bacilles, bacille d'Eberth, de Kock, de Lœffler, etc., se trouvent plus fré-əmment dans les logis dits insalubres, car alors une série de ıinfections sérieusement opérées permettrait de les éviter.

'ne atmosphère confinée exerce, sur ceux qui y séjournent, _ action qui se manifeste par une anémie progressive d'autant ıs rapide que l'insalubrité et la durée du séjour sont plus ındes.



Digitized by Google

Cette anémie affaiblit la résistance que notre organisme oppose à l'action des germes morbides dont nous sommes presque continuellement entourés.

L'insalubrité d'une atmosphère confinée tient à deux causes principales :

1° Les combustions (chauffage, éclairage), la respiration humaine, empruntent à l'air son oxygène et, si cet air n'est pas suffisamment renouvelé, la proportion d'oxygène diminuant de plus en plus, la respiration des êtres qui vivent dans un pareil milieu devient anormale : résultat, l'anémie;

2° Les combustions que nécessitent le chauffage et l'éclairage de nos demeures fournissent d'une manière continue des gaz toxiques qui empoisonnent plus ou moins rapidement. Nos expériences, faites en collaboration avec M. Pécoul, ont montré que les divers systèmes d'éclairage (huile, pétrole, gaz), que les divers systèmes de chauffage actuellement adoptés, et d'une manière toute particulière les calorifères à air chaud, dégagent des quantités plus ou moins fortes d'oxyde de carbone. Les produits de la respiration de l'homme eux-mêmes sont également toxiques. Existe-t-il, comme on l'a dit, un poison alcaloïdique spécial dégagé par la respiration? Sont-ce des produits gazeux, hydrogène sulfuré et phosphoré, vapeurs d'indol, de scatol, qui rendent l'atmosphère toxique? Nous l'ignorons. Mais cette toxicité de l'air expiré n'est pas douteuse.

Nous avons entrepris, M. Pécoul et moi, de résoudre le double problème suivant : 1° s'assurer qu'une atmosphère confinée ne contient pas de gaz toxiques; 2° s'assurer que la proportion d'oxygène reste suffisante pour entretenir une respiration normale.

### I^er PROBLÈME : Gaz toxiques.

Dans un air vicié, on peut constater la présence d'un grand nombre de gaz toxiques : gaz d'éclairage, vapeurs ammoniacales, acide sulfureux etc., mais ces gaz sont plus ou moins odorants et leur odeur trahit suffisamment leur présence quand ils sont en proportion dangereuse. On est naturellement averti qu'une ventilation énergique s'impose.

L'oxyde de carbone, au contraire, n'a aucune odeur : on est intoxiqué sans s'en douter et nos expériences ont montré que

Digitized by Google

cette intoxication commence même quand l'oxyde de carbone est seulement à l'état de traces. Nous sommes fréquemment appelés dans des locaux suspects par des personnes qui présentent tous les caractères d'un véritable empoisonnement. Nous constatons presque toujours la présence de l'oxyde de carbone, mais en quantités généralement faibles, un ou deux cent-millièmes. Cela suffit pour amener des troubles sérieux.

Nous avons pu, M. Pécoul et moi, faire construire un appareil portatif et automatique qui décèle un cent-millième d'oxyde de carbone. A cette dose infinitésimale, les procédés anciennement employés ne donnent rien (tel l'oiseau, tel le chlorure cuivreux, le chlorure de palladium, etc.), ou exigent des manipulations qu'un savant exercé peut seul entreprendre (grisoumètre, analyse spectroscopique du sang, etc.). Notre appareil fonctionne automatiquement; il n'exige aucune manipulation : il suffit d'ouvrir un robinet et d'allumer une veilleuse.

Notre procédé opératoire est le suivant :

L'air aspiré par le simple écoulement de l'eau d'un réservoir fermé traverse un tube en U rempli d'acide iodique anhydre *absolument purifié*. Le tube est chauffé par la petite flamme d'une lampe à alcool : la température n'oscille qu'entre 70 et 80 degrés.

Si cet air contient de l'oxyde de carbone, même à l'état de traces, ce gaz réducteur décompose l'acide iodique, se transforme en acide carbonique en même temps que l'iode mis partiellement en liberté se dégage. Les vapeurs d'iode sont retenues dans un tube en verre contenant quelques centimètres cubes de chloroforme, lequel se colore immédiatement en rose plus ou moins foncé suivant la proportion d'iode dégagée (1).

La présence de l'oxyde de carbone est donc immédiatement décelée.

Si l'on veut déterminer la proportion exacte de ce gaz, il suffira de comparer la teinte obtenue à celle de liquides colorés maintenus en tubes scellés.

## IIe PROBLÈME : **Qualité de l'air respirable.**

Les appareils de chauffage et d'éclairage, la respiration humaine consomment l'oxygène atmosphérique et dégagent de

(1) Nous évitons l'évaporation du chloroforme en le surmontant d'une colonne d'eau distillée.

Digitized by Google

l'acide carbonique. Cet appauvrissement en oxygène rend les atmosphères confinées insalubres. Quelle diminution d'oxygène peut-on tolérer ?

Il n'est pas aisé de mesurer avec exactitude et rapidité la proportion d'oxygène contenue dans l'air, cette détermination exige des manipulations délicates. Mais il est facile au contraire de doser la proportion de l'acide carbonique qui a été substitué à l'oxygène.

Si nous dosons l'acide carbonique, ce n'est pas qu'à notre avis ce gaz soit par lui-même dangereux, au moins en faibles proportions : c'est que ce dosage est facile et que l'acide carbonique est un sûr témoin de la disparition de l'oxygène. Ce dosage d'acide carbonique permet encore de se rendre compte de la viciation de l'air par les poisons que notre respiration dégage, car il est absolument vraisemblable « que la quantité de produits nuisibles déversés dans l'atmosphère par l'organisme humain dans un temps donné est proportionnelle à l'intensité de ses échanges gazeux et, par conséquent, à la quantité d'acide carbonique dégagé dans le même temps ».

Pendant longtemps, on ne s'était préoccupé que du cube d'air qu'il convenait d'assurer à chaque individu, vivant ou travaillant dans un espace clos. Les nombres variaient, d'ailleurs, suivant les différents observateurs. Cette notion du cube d'air, toujours intéressante, ne doit cependant jouer qu'un rôle secondaire. On aura beau multiplier les espaces, si la ventilation est insuffisante, ces espaces ne tarderont pas à devenir irrespirables, puisqu'un homme sain aspire 390 l d'air par heure et rejette, pendant le même temps, 18 l d'acide carbonique.

Ce qu'il faut c'est, indépendamment du cube d'air, rechercher dans cette atmosphère confinée la proportion d'oxygène existant ou, ce qui revient absolument au même, la proportion d'acide carbonique. Mais quelle est la proportion d'acide carbonique qu'on peut tolérer ?

Cette question a été longuement discutée il y a quelques mois par la Commission d'hygiène industrielle du Ministère du Commerce et, à la suite de rapports présentés successivement par M. le docteur Pottevin et par moi-même, il a été décidé :

« Il y a lieu de considérer comme ne satisfaisant pas aux conditions de pureté de l'air, requises par le décret du 29 novembre 1904, un atelier ou un local de travail où la proportion d'acide carbonique *d'origine respiratoire* existant dans l'atmosphère dé-

Digitized by Google

passe *un millième*, c'est-à-dire 100 l d'acide carbonique dans 100 m³ d'air au voisinage des ouvriers.

» Les prélèvements d'air pour analyse doivent être faits aux endroits où les ouvriers se tiennent et à hauteur de leur tête. »

Ce qui est vrai pour les ateliers est également vrai pour toutes les atmosphères confinées et, en particulier, pour nos chambres à coucher dans lesquelles nous séjournons un grand nombre d'heures consécutives.

MM. les Inspecteurs du travail sont chargés de surveiller au point de vue de la ventilation les établissements industriels et dressent une contravention dès que la proportion d'acide carbonique atteint ou dépasse 100 l par 100 m³ d'air.

Nous prévoyons que leurs contraventions seront nombreuses.

Depuis plusieurs années nous avons recherché, M. Pécoul et moi, de tous côtés, dans les écoles, dans les hôpitaux, dans les ateliers, dans les voitures et les tunnels du Métropolitain, dans les salles d'assemblée : Sénat, Chambre des Députés, Conseil Municipal, etc., même à l'Élysée une nuit de bal, la teneur de l'air en acide carbonique : et nos résultats ont été souvent fâcheux.

Voici quelques nombres obtenus :

| | Acide carbonique dans 100 m³ d'air. |
|---|---|
| Air libre, parc de Montsouris . . . . . . | 31,41 |
| Air libre, centre de Paris. . . . . . . | 32,0 |
| Égouts de Paris . . . . . . . . . . . . | 39,0 |
| Sénat (tribunes) . . . . . . . . . . . . | 70,0 |
| Palais de Justice (bibliothèque, grande salle). . . . . . . . . . . . . . . . | 84,0 |
| Conseil Municipal (salle des séances). . . | 85,0 |
| Palais de Justice (bibliothécaire) . . . . | 107,0 |
| Palais de Justice (bibliothèque, salle Marjolin). . . . . . . . . . . . . . . . | 118,0 |
| Écoles communales de Paris (1) . . . . . | 150,0 |
| Métropolitain (tunnel du premier réseau, maximum de janvier 1904) . . . . . . | 150,0 |
| Lycée Saint-Louis, 2ᵉ étage, 5ᵉ étude. . . | 174,0 |
| Imprimerie A, rue Réaumur . . . . . . | 175,0 |
| Palais de Justice (Cour d'Assises) . . . . | 177,0 |

Ce nombre moyen est tiré de l'examen de vingt-sept écoles. Je n'en ai trouvé que .. donnant moins de 100 l d'acide carbonique. Une école a donné 243 l, une autre .. l d'acide carbonique.

Digitized by Google

| | |
|---|---|
| Palais de Justice (Tribunal civil, 1re chambre) . . . . . . . . . . . . . . | 191,0 |
| Palais de Justice (Correctionnelle, 10e chambre) . . . . . . . . . . . . . . | 196,0 |
| Palais de Justice (Correctionnelle, 8e chambre). . . . . . . . . . . . . . | 221,0 |
| Imprimerie D, rue Montmartre . . . . . | 270,0 |
| Lycée Saint-Louis, 2e étage, 3e étude. . . | 352,0 |

Nous avons imaginé, M. Pécoul et moi, un appareil portatif et automatique qui donne la réponse à cette question : L'atmosphère suspecte contient-elle plus ou moins d'un millième d'acide carbonique ?

L'appareil est uniquement composé d'un réservoir métallique d'une capacité de 5 l environ qu'on remplit d'eau, puis qu'on vide en abaissant un tube de caoutchouc. L'aspiration produite permet le passage de l'air suspect dans une solution de soude absolument incolore contenue dans un barboteur spécial (1).

Quand l'air cesse de passer, on verse dans le barboteur une dose préparée d'une liqueur acide, qui a reçu deux gouttes de phénol-phtaléine.

Si le liquide du barboteur reste incolore : on en conclut qu'il y a plus d'un millième d'acide carbonique c'est-à-dire plus de 100 l d'acide carbonique dans 100 $m^3$ d'air.

Si le liquide du barboteur se colore en rose : on en conclut qu'il y a moins d'un millième d'acide carbonique.

Blanc ou rose, tel est le résultat qu'on traduit immédiatement en disant : *atmosphère insalubre* ou *atmosphère salubre*.

Le passage des 5 l d'air, qu'on peut à volonté accélérer ou ralentir, dure en moyenne deux heures; on remplace donc un prélèvement instantané qui ne saurait donner une approximation exacte par un prélèvement suffisamment long pour obtenir une moyenne exacte.

Cette détermination suffira dans la plupart des cas. Mais, si l'on veut aller plus loin et connaître exactement la proportion d'acide carbonique, on fera usage de deux flacons compte-gouttes joints à l'appareil, l'un contenant de l'acide, l'autre de l'alcali.

1° Le liquide du barboteur étant resté incolore, cela veut dire qu'il y a plus de 1 millième d'acide carbonique. On verse goutte

(1) Ce barboteur à boules a été extrêmement étudié. On a vérifié que tout l'acide caronique était absorbé.

Digitized by Google

par goutte le liquide alcalin et l'on s'arrête au moment où apparaît la coloration rose. Chaque goutte correspondant à un vingtmillième d'acide carbonique; on ajoute à 100 l autant de fois 5 l qu'on a versé de gouttes alcalines.

2° Le liquide du barboteur étant coloré, cela veut dire qu'il y a moins de 1 millième d'acide carbonique. On verse goutte par goutte le liquide acide. Au moment où la coloration disparaît, chaque goutte correspondant à 1 vingt-millième d'acide carbonique; on retranche de 100 l autant de fois 5 l qu'on a versé de gouttes acides.

La précision obtenue par cette méthode ressort des expériences suivantes :

Des analyses comparatives ont été faites sur une atmosphère artificielle. Nous avons dosé l'acide carbonique par nos procédés rigoureux et à l'aide de notre appareil. Voici quelques-uns des résultats obtenus :

| | Acide carbonique en dix-millièmes | |
|---|---|---|
| | I. | II. |
| Analyse rigoureuse . . . . . . . . . . | 22,6 | 39,7 |
| Appareil Albert-Lévy et Pécoul . . . . . | 23,0 | 40,0 |

Digitized by Google

# CHRONIQUE

## N° 325.

---

SOMMAIRE. — Graissage automatique des machines à vapeur à grande vitesse. — Le transport automobile au Saint-Bernard. — George Krauss. — Emploi des moteurs à combustion interne pour les distributions d'eau. — Moteurs à gaz et armes à feu. — L'enseignement par correspondance.

**Graissage automatique des machines à vapeur à grande vitesse.** — Le *Journal of the Association of Engineering Societies* donne un mémoire présenté à la *Detroit Engineering Society*, par M. F. R. Still, sur la question du graissage automatique des petites machines à grande vitesse.

L'auteur indique que 80 0/0 des accidents qui arrivent aux petites machines viennent de l'imperfection du graissage, alors que 10 seulement viennent des défauts de construction et 10 de la négligence ou de l'ignorance du personnel chargé de la surveillance. On doit donc donner la plus grande attention au graissage des parties frottantes et il y a certainement des améliorations importantes à apporter à cette opération.

Si on examine les divers systèmes employés et qu'on les discute, on arrive rapidement à conclure que la méthode la plus rationnelle est le graissage sous pression opéré par une pompe; mais l'expérience montre que cette méthode n'est pas exempte de défauts. Il faut une très grande précision dans le serrage des coussinets et pièces frottantes ajustables, parce que, s'il en est qui laissent plus d'intervalle entre elles, c'est par celles-ci que l'huile s'écoulera en laissant les autres parties sans graissage. De plus, si des matières étrangères se glissent dans les petits tubes qui forment partie essentielle du système, elles risquent d'être forcées dans ces tubes par la pression de l'huile et de les boucher.

Pour répondre à ces objections, on a eu l'idée de recourir à l'écoulement de l'huile par la gravité, celle-ci étant élevée par une pompe dans un réservoir supérieur, d'où elle s'écoule par son propre poids. On peut avec cette méthode employer des tubes assez gros; la vitesse de déplacement de l'huile est relativement considérable, on peut avoir un fort volume en circulation ; il n'est pas nécessaire d'avoir les coussinets très serrés ni d'avoir un serrage uniforme et les matières étrangères ne risquent pas de boucher les tubes ; elles sont entraînées au dehors.

Une fois le moyen d'opérer la circulation de l'huile obtenu, il s'agissait de la distribuer de la manière la plus efficace sur les surfaces frottantes.

On a depuis longtemps eu l'idée de pratiquer des rainures dans l'un des coussinets ou même dans les deux; ces rainures sont désignées en français par l'expression de *pattes d'araignée*.

Le principe du graissage consiste à interposer une couche d'huile entre les parties frottantes, de manière que la fusée tourne dans l'huile pour

Digitized by Google

ainsi dire au lieu de frotter sur le coussinet. Il faut donc qu'il existe un intervalle matériel entre les surfaces métalliques, intervalle qui doit toutefois être assez faible pour ne pas amener de choc lorsque le sens des efforts vient à changer. Les rainures dont nous venons de parler constituent des espèces de réservoirs de l'huile; leur position n'est pas indifférente, elles doivent être placées à l'origine de la zone de contact entre les parties frottantes, c'est-à-dire, par exemple, dans les coussinets de l'arbre du volant d'une machine à vapeur verticale, aux extrémités du diamètre horizontal, pour que l'arbre en tournant entraîne l'huile entre les circonférences en contact. Le même raisonnement s'applique aux diverses autres parties tournantes.

L'auteur cite l'exemple d'une machine à cylindre de 350 × 175 mm, tournant à 180 tours par minute avec de la vapeur à seulement 2,8 kg de pression. On introduisit au début 17 l d'huile dans le réservoir. Pendant deux années de fonctionnement, on n'eut besoin de remettre que 4 l d'huile et de rajuster qu'une seule articulation, celle de la petite tête de la bielle.

Un autre cas est celui d'un ventilateur installé sur un remorqueur de mer à la Nouvelle-Orléans; ce ventilateur était actionné par une petite machine à cylindre de 125 × 125 mm, tournant à 360 tours par minute. Cette machine fonctionna de février 1904 au 29 novembre 1905, soit pendant vingt-deux mois, avec seulement 12 l d'huile et on n'eut pendant ce temps qu'à resserrer les coussinets de la grosse tête de la bielle. La machine tournait continuellement vingt-quatre heures par jour, pendant trois ou quatre jours consécutifs, et souvent elle ne s'arrêtait pas, même quand le bateau était dans le port. Elle était placée sur la chaudière, dans un endroit où la température était très élevée et travaillait dans des conditions défavorables.

Quand l'huile a accompli ses fonctions, il est nécessaire de la filtrer, de la refroidir et de la séparer de l'eau qui y est souvent mélangée. Pour la filtration, aucune des méthodes usuelles n'a donné satisfaction, parce qu'elles n'arrêtent ni de petits fragments de bois, ni des parcelles de limaille. Après bien des essais, on trouva qu'un morceau d'étoffe à tissu serré, suspendu aux quatre angles par des crochets au-dessous de de la manivelle et au-dessus du réservoir pratiqué dans le bâti de la machine, donnait les meilleurs résultats. Ce moyen si simple a parfaitement réussi. Pour plus de sûreté, on met un morceau de toile métallique très fine au tuyau d'aspiration de la pompe à huile et un autre au tuyau de décharge de la même pompe.

On s'est d'abord servi d'une pompe à plongeur mue par un excentrique placé sur l'arbre de la machine. On a éprouvé des difficultés à cause de la grande vitesse et on a commandé la pompe par l'axe d'une roue ...ionnée par une vis sans fin. Le tuyau de refoulement de la pompe a ... mm environ de diamètre et décharge dans un réservoir muni d'un ...e de niveau en verre, de sorte qu'il est facile de voir si la circulation ...l'huile s'opère convenablement.

...u fond du réservoir partent les différents tubes de graissage ajustés ...s une rigole qui est pratiquée dans ce fond.

...ous croyons intéressant de rappeler à ce sujet que, vers 1840, certaines

Digitized by Google

locomotives, de construction anglaise (Sharp et Roberts), employées au chemin de fer de Versailles R. G. portaient sur les côtés de la chaudière au droit de l'essieu d'avant une boite en cuivre de 0,30 m de longueur sur 0,17 m de hauteur d'où partaient sept petits tuyaux en cuivre rouge portant à la partie supérieure des mèches formant syphons et destinés à assurer le graissage de diverses parties.

**Le transport automobile au Saint-Bernard.** — On a pu lire récemment dans plusieurs journaux le fait-divers suivant : « L'hospice du Grand Saint-Bernard ayant sollicité une seconde fois du Gouvernement de Vaud l'autorisation de s'approvisionner en Suisse au moyen de ses camions automobiles, autorisation qui lui avait été refusée l'an dernier, vient enfin de l'obtenir, mais à une condition originale : Est autorisée la circulation des camions automobiles sur la route du mont Saint-Bernard, mais à cette condition plutôt imprévue « que chaque voiture » soit précédée d'un cheval, afin que les autres chevaux et les mulets ne » s'effrayent point à la vue d'un véhicule dépourvu de traction animale ». Qui eut dit qu'un jour le cheval servirait de permis de circulation aux automobiles ? »

L'erreur géographique par laquelle débute l'article ci-dessus en faisant intervenir le Gouvernement vaudois dans une affaire où il n'a rien à voir, puisque l'hospice du Saint-Bernard et la route qu'ont à parcourir les camions d'approvisionnement sont dans le canton du Valais, nous avait inspiré quelque défiance sur le fond même de la nouvelle. Aussi avons-nous cru utile de nous renseigner sur place.

La chose est exacte en fait. Voici quelques détails supplémentaires.

La route de Martigny à l'hospice, qui est actuellement une voie entièrement carrossable, se divise en trois sections :

1° De Martigny à Orsières : distance, 21 300 m ; déclivité moyenne, 2 0/0. Sur cette section, le camion est chargé à 5 t ;

2° D'Orsières à la cantine de Proz : distance, 19 000 m ; déclivité moyenne, 5 0/0. Le camion est chargé à 3 t ;

3° De la cantine de Proz à l'hospice : distance, 6 000 m ; déclivité moyenne, 11 0/0. Le camion n'est plus chargé qu'à 2 t. Sur ce dernier parcours, la forte déclivité n'est pas le seul motif qui oblige à réduire la charge à transporter ; la raréfaction de l'air à cette altitude, qui varie entre 1 800 et 2 472 m, influe très notablement, paraît-il, sur le fonctionnement du moteur et réduit le travail développé par celui-ci dans une assez grande proportion.

A cause de la variation de chargé due au profil, on avait d'abord procédé par relais en transportant dans chaque section ce que pouvait porter le camion et en faisant le nombre de voyages nécessaires pour transporter le poids total, mais les chargements et déchargements successifs prenaient beaucoup de temps et étaient coûteux et gênants et on procède actuellement en chargeant 3 t à Martigny et en les transportant directement jusqu'à l'hospice, le camion, construit par la maison Dufour, à Nyon, s'étant montré capable de porter cette charge sur la troisième section.

Pour amener 5 t de marchandises en une journée, de Martigny à

l'hospice, il ne faudrait pas moins de 12 à 14 ch, avec un nombre proportionné de conducteurs.

L'État du Valais a dû prendre la détermination dont il a été question plus haut parce que les mulets des paysans s'emballaient à l'approche de l'automobile. On a imaginé de placer un cheval à l'avant de celle-ci et cette précaution a pleinement réussi. Les animaux commencent déjà à se familiariser avec ce véhicule et l'on pense que cette route internationale pourra bientôt être livrée à la circulation des automobiles.

Il n'y a actuellement que l'hospice du Saint-Bernard qui bénéficie de cette autorisation, qu'on lui accorde en raison de sa qualité d'établissement hospitalier.

**George Krauss.** — Le 5 novembre dernier est décédé, à Münich, George Krauss, un des constructeurs de locomotives les plus connus, non seulement de l'Allemagne, mais encore, on peut le dire, du monde entier, et un des doyens des Ingénieurs et Industriels allemands. Nous croyons devoir rappeler ici brièvement les principales étapes de la carrière du défunt.

Krauss était né en 1826, à Augsbourg, où son père dirigeait un tissage; il prit de bonne heure le goût de la mécanique et suivit les cours de l'École industrielle, puis de l'École polytechnique de sa ville natale; il entrait après, en 1847, aux Ateliers de construction de machines Maffei, à Münich, comme simple ouvrier; il passa ensuite aux Chemins de fer de l'État bavarois, où il débuta de même comme ouvrier, puis passa conducteur de machines, pour arriver à devenir Ingénieur du matériel du Chemin de fer d'Algau et des bateaux à vapeur du lac de Constance, après avoir acquis une connaissance approfondie du service et de l'entretien des locomotives et des machines de bateau.

Les relations qu'il avait dans cette situation avec le chemin de fer du Nord-Est Suisse l'amenèrent en 1857 à accepter la position qui lui fut offerte de *maschinen meister* de cette Compagnie, en résidence à Zurich. Son passage au Nord-Est fut signalé par d'intéressantes innovations dans le matériel de traction, au premier rang desquelles on peut signaler l'emploi général pour les trains de voyageurs de locomotives à quatre roues d'un type léger très suffisant pour le profil facile du réseau et les vitesses modérées de l'époque ne dépassant pas 50 à 55 km. Ces locomotives, généralement à tender séparé, avaient des roues de 1,58 m avec un fort empattement, 2,50 m, et pesaient en service de 22 à 24 t, soit 11 à 12 t par essieu. La pression d'abord de 10 atm fut portée à 12. Le mécanisme était entièrement à l'extérieur. Ces machines étaient très simples de construction et donnaient un service très économique. Les trains de marchandises étaient remorqués par des locomotives à trois essieux accouplés présentant les mêmes dispositions générales que les précédentes, sauf en ce qui concerne le nombre des essieux.

En 1866, Krauss quitta la Compagnie du Nord-Est pour fonder à Münich un atelier de construction destiné spécialement à la fabrication des locomotives pour les chemins de fer secondaires et l'industrie. La première machine construite, destinée au chemin de fer de l'État du duché d'Oldenbourg, fut envoyée à l'Exposition de 1867, à Paris, où elle fut

Digitized by Google

très remarquée et reçut une haute récompense. On nous permettra de nous arrêter quelques instants sur cette locomotive qui a donné lieu à des discussions très vives.

C'était une machine-tender à deux essieux accouplés avec mécanisme entièrement extérieur, présentant entre autres particularités un châssis formant caisse à eau, un foyer en parallélipipède avec parois ondulées, une suspension sur trois points et d'autres dispositions d'importance secondaire. Les roues avaient 1,50 m de diamètre, les cylindres 0,355 × 0,560 m; la grille avait 1 m² et la surface de chauffe 75; la pression était de 10 atm et le poids en service de 18 t. Le constructeur avait cru devoir baptiser sa machine du nom de *Locomotive rationnelle*, parce que, disait-il, elle résumait les conditions que d'après sa propre expérience, on est en droit de demander à une locomotive pour être bonne et durable.

La machine dont il s'agit heurtait vivement les idées en cours dans certains milieux et elle fut très critiquée. On trouvera notamment dans l'*Annuaire* pour 1868 *de la Société des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers* dans une Notice sur les locomotives exposées à Paris en 1867, des appréciations très dures sur la locomotive Krauss à laquelle l'auteur consacre une vingtaine de pages pour conclure que « cette machine qu'on a présentée comme étant la machine rationnelle n'est qu'un tissu d'erreurs de construction depuis l'avant jusqu'à l'arrière ».

L'expérience ne parait pas avoir confirmé cette manière de voir, car il a été construit, non seulement par la maison Krauss, mais par d'autres, des milliers de locomotives d'après ce type et la machine de l'Exposition de 1867 a fait sur le chemin d'Oldenbourg, un service ininterrompu, de 1867 à 1900, époque où elle a été retirée; elle figure actuellement au musée allemand récemment créé à Münich.

Les ateliers Krauss, spécialisés d'abord pour la construction des petites locomotives, ont bientôt abordé celle des grandes; ils ont été doublés en 1872, par l'installation d'un second établissement à Münich même et triplés, en 1880, par la création d'une fabrique de locomotives et machines à Linz, en Autriche. Ces trois ateliers avaient, à la fin de 1906, exécuté un total de 5 590 locomotives, dont 1806 à Münich Gare Centrale, 3 100 à Münich Gare du Sud, atelier destiné spécialement aux petites locomotives, et 684 à Linz sur Danube; en 1895, le total s'élevait seulement à 3 200, ce qui donne entre les deux dates une moyenne de 220 locomotives par an. Nous pouvons ajouter que la 1 000$^{e}$ locomotive a été achevée en mai 1882, la 2 000$^{e}$ en octobre 1888, la 3 000$^{e}$ en juin 1894 et la 5 000$^{e}$ en octobre 1905.

Peu d'ateliers ont été aussi féconds en innovations que ceux dont nous nous occupons; mais toutes ces innovations n'ont pas eu le même sort; certaines sont passées largement dans la pratique; un des exemples les plus saillants est un dispositif de liaison entre les essieux, pour combiner le déplacement radial de l'un d'eux avec le déplacement latéral d'un autre, dispositif qui a reçu un très grand nombre d'applications surtout en Allemagne; d'autres ont attiré l'attention dans les expositions et n'ont jamais été reproduites; ainsi une disposition de cylindres en tandem figurant sur une locomotive à marchandises exposée à Nuremberg en

Digitized by Google

1897; une locomotive à mécanisme auxiliaire présentée à la même exposition; une locomotive portant un dispositif analogue et un système de contrepoids à mouvement alternatif, exposée à Vincennes en 1900; cette dernière machine a été très remarquée, mais elle ne parait pas avoir été reproduite.

Nous citerons encore une ingénieuse modification de la distribution Walschaerts, due, ainsi que le balancier d'accouplement des essieux, à notre Collègue, M. R. von Helmholz, Ingénieur en chef des ateliers Krauss. Nous ajouterons enfin, du même auteur, une très curieuse disposition d'essieux moteurs convergents, appliquée tout récemment à des locomotives construites pour les chemins de fer à voie de 0,75 m de la Bosnie et de l'Herzégovine, locomotives à quatre essieux accouplés, du poids de 26 t, et passant dans des courbes d'un rayon minimum de 28 m.

Ingénieur éminent, Krauss était aussi un industriel éclairé et bienveillant; il s'occupait du sort de ses collaborateurs et a fait beaucoup pour les institutions ouvrières. Il s'était acquis une grande situation en Bavière et toutes sortes de dignités et d'honneurs étaient venues signaler la fin de sa carrière.

**Emploi de moteurs à combustion intérieure pour les distributions d'eau.** — On a fait, en Amérique, des applications très intéressantes des moteurs à combustion intérieure pour des distributions d'eau et on a combiné ce service avec celui de l'éclairage électrique.

Nous citerons comme exemple le cas de la ville de Menasha, dans le Wisconsin, qui a récemment établi avec succès une installation de ce genre.

Cette installation est contenue dans une construction en briques de 19,50 m de longueur sur 12,6 m de largeur, avec toiture portée par une charpente en bois. Le bâtiment est disposé de façon à pouvoir être allongé pour le cas d'un développement ultérieur de l'installation. Il renferme deux moteurs Diesel de 75 ch chacun, actionnant autant de pompes à trois corps et accessoirement un alternateur de 50 kilowatts fournissant le courant électrique à environ quatre-vingts lampes à arc pour l'éclairage public.

Les moteurs sont d'un côté du bâtiment et les pompes de l'autre; la transmission a lieu au moyen de courroies entre le volant du moteur et une poulie portée par un arbre actionnant par engrenages l'arbre des pompes. Un embrayage à friction permet de mettre en route les moteurs sans charge et de ne les relier aux pompes qu'après la mise en train. Un des moteurs peut être aussi relié à volonté avec la dynamo qui ne travaille que la nuit.

L'huile qui sert de combustible est emmagasinée dans un réservoir 28 000 l placé à l'extérieur du bâtiment et au-dessous du niveau du l; l'huile en est élevée par de l'air comprimé qui la refoule. On emoie de l'huile brute valant de 5 à 6 centimes le litre; on pourrait en oir à un prix encore inférieur, mais l'odeur donnée par ces huiles est p désagréable.

Digitized by Google

L'eau est prise au lac Winebago qui a 48 × 16 km et à l'extrémité septentrionale duquel est la ville de Menasha. La prise d'eau est faite dans un rapide par lequel le lac débouche dans la rivière Fox à 150 m de l'usine élévatoire; une conduite de 0,610 m de diamètre amène l'eau aux pompes. Celles-ci refoulent dans des tuyaux de 0,40 m de diamètre qui aboutissent à une conduite de 0,50 m qui va au château d'eau situé à 180 m des pompes. Ce château d'eau est formé d'un réservoir en tôle d'acier de 4,50 m de diamètre sur 6,50 m de hauteur monté sur un soubassement en briques, le tout ayant une hauteur totale de 22 m environ; on a ainsi dans toute la ville une pression d'eau de 17 à 18 m.

Le réseau de la distribution a un développement d'environ 18 km formé de conduites principales de 0,50, 0,40 et 0,30 m et de tuyaux de 0,25, 0,20 et 0,12 m. Ce réseau est partagé par des vannes en quarante-trois divisions contenant soixante-neuf hydrantes. On peut obtenir dans tous les points de la ville des jets suffisants pour combattre le feu rien qu'avec la pression du réservoir et son contenu. Dans un essai, avec une pompe en marche, on a pu avoir simultanément douze jets de 25 mm sans que la pression de l'eau diminuât.

L'installation est établie depuis à peu près un an et il y a une centaine d'abonnés pour l'eau. Les charges sont de 15 cents par 1 000 gallons pour une consommation de 300 gallons ou au-dessous par jour et de 10 cents au-dessus de 300 gallons.

Ces chiffres correspondent à 0,20 et 0,13 f par mètre cube pour une consommation journalière égale ou supérieure à 1 150 l. L'eau est vendue au compteur; le prix du compteur est de 38,75 f. Le minimum de l'abonnement est de 25 f par an.

Nous avons vu que l'installation électrique se compose d'un alternateur de 50 kilowatts, fournissant le courant alternatif à 80 lampes à arc fonctionnant en série. Ces lampes sont de 2 000 bougies et consomment 7 ampères; elles sont allumées toute la nuit. Lorsqu'un des moteurs actionne la dynamo seule, la dépense d'huile est de 171 l d'huile en onze heures, ce qui représente un chiffre de 11,75 f par nuit pour 80 lampes; on peut probablement compter 10 f par nuit en moyenne pour toute l'année. A ce taux, la lampe fonctionnant toute la nuit coûterait par an de 45 à 47,50 f. Si on fait entrer en ligne de compte le remplacement des crayons, la main-d'œuvre, l'entretien et les dépenses de production du courant, avec intérêt et dépréciation du capital représenté par l'installation complète, on arriverait à 125 f par lampe et par an.

Pour ce qui est de l'élévation de l'eau, les expériences ont montré que la dépense d'huile ressortait à 0,0263 l par mètre cube, cette huile coûtant 5 centimes le litre. La quantité d'eau élevée a atteint en moyenne 380 m³ par jour pour une dépense de combustible de 10 f environ.

La dépense totale d'établissement, bâtiments, machines, pompes, réservoir et canalisation a été de 525 000 f. L'installation électrique, dynamo, tableau, lampes, conducteurs, etc, a coûté 47 500 f. La ville se propose d'installer un moteur Diesel de 250 ch, avec les dynamos correspondantes, pour fournir le courant à l'éleclairage privé.

Nous avons extrait les renseignements qui précèdent d'un article de l'*Engineering Record*.

Digitized by Google

**Moteurs à gaz et armes à feu.** — Sous ce titre, notre Collègue M. A. Witz, dont les beaux travaux sur les moteurs thermiques sont si connus, a fait récemment, à l'Assemblée générale de la Société scientifique de Bruxelles, une conférence dans laquelle il a établi les liens étroits qui existent entre la théorie et la pratique d'engins très dissemblables en apparence, dans le but, comme il le dit, d'arracher à la balistique ses secrets au profit des moteurs à gaz.

Après avoir rappelé très sommairement les essais faits à diverses époques pour employer les explosifs solides dans les moteurs, l'auteur indique par quelques chiffres frappants les progrès réalisés depuis quel ques années dans les moteurs à gaz et les armes à feu. Ainsi, alors que le moteur Lenoir de 1860 dépensait plus de 2 000 l de gaz de ville par cheval-heure effectif, cette consommation est descendue aujourd'hui à à 368 l dans les moteurs à quatre temps pour la même unité et la puissance réalisable a grossi de 3 à 4 chevaux à 1 000 et 1 500.

D'autre part, on peut dire que pour les pièces d'artillerie, en trente ans, la vitesse initiale du projectile a triplé et la puissance vive est devenue neuf fois plus grande, alors que la pression maximum développée dans l'arme augmentait à peine.

On peut constater d'ailleurs que le canon est arrivé aujourd'hui à dépasser considérablement comme puissance le moteur à gaz. M. Witz donne quelques exemples de ce fait. Si la pièce française de 75 mm, lançant un obus Robin de 7,25 kg, développe un travail équivalant à 553 ch, le canon Krupp de 24 cm, modèle 1890, lançant un projectile de 215 kg, développe 2 586 ch. On a fait en Amérique un canon de 0,305 m dont le projectile pèse 385 kg; le travail peut être considéré comme représentant 3 312 ch. Ces chiffres laissent loin d'eux la puissance des plus gros moteurs à gaz. Cette faiblesse relative de ces derniers tient à l'insuffisance du facteur d'action, le mélange tonnant qu'on fait exploser derrière le piston; ainsi, la pression moyenne exercée sur ce piston ne dépasse pas 5 à 6 kg, alors que, dans certaines pièces d'artillerie, la pression moyenne exercée sur la base du projectile atteint 2 100 kg. La comparaison suivante est très frappante. M. Witz a expérimenté récemment un moteur Cockerill à gaz de haut fourneau de 1 450 ch de puissance effective à 100 tours par minute. Le volume moyen de gaz admis par coup de piston a été trouvé de 341 l, ces gaz ayant un pouvoir calorifique de 943 calories, l'énergie fournie par coup moteur est de 136 637 kilogrammètres.

Dans le canon Krupp de 24 cm, modèle 1890, la charge de 42 kg de poudre sans fumée adoptée renferme une énergie de 952 000 kilogrammètres; elle est donc 110 fois plus grande. Si cet engin donnait, comme le moteur à gaz dont il vient d'être question, 200 coups par minute, sa puissance serait de 159 200 ch. Le moteur à gaz est donc bien un canon à chargement automatique et à décharge répétée, mais son facteur d'action est singulièrement atténué.

Est-il possible d'améliorer le moteur à gaz à ce point de vue? L'auteur étudie dans ce but les rendements. On sait que le rendement thermique du moteur à gaz est relativement élevé. Alors que le moteur à vapeur consomme au minimum 3 224 calories par cheval-heure effectif, ce qui

Digitized by Google

correspond à un rendement thermique de 0,191, un moteur à gaz de ville de 17 ch, expérimenté par l'auteur, a donné un rendement thermique de 0,298; le moteur Diesel, brûlant 188 g de pétrole par cheval-heure effectif, a un rendement de 0,311 ; ce chiffre n'a pas été dépassé.

Quel est le rendement du canon? Il faut d'abord définir ce qu'on entend par ce rendement. L'auteur explique que c'est le rapport de l'énergie mécanique développée dans le projectile à l'énergie disponible dans la charge, mais que c'est aussi le rapport du calorique transformé en force vive, c'est-à-dire en travail effectif, au calorique disponible dans la charge. Cette définition se trouve être la même que celle du rendement des moteurs; il est donc rationnel de comparer le rendement du canon et celui des moteurs.

Si on étudie les résultats donnés par diverses pièces d'artillerie, on arrive à trouver des rendements allant de 0,313 à 0,442. On voit que le rendement du canon dépasse largement celui du moteur à gaz et que cet engin constitue en réalité une machine thermique qui utilise mieux le calorique que ne le fait aucune autre machine de l'industrie. Il est intéressant d'analyser les causes de ce fait; l'auteur y procède en étudiant complètement les conditions de fonctionnement des deux appareils.

Nous ne suivrons pas l'auteur dans cette étude et nous n'étonnerons personne en disant qu'elle est traitée de la manière la plus claire et la plus savante. Disons seulement que pour la pièce d'artillerie on est conduit à admettre qu'il ne se perd que 4 0/0 de l'énergie développée sur la base du projectile pour le lancer hors de l'arme; le rendement organique serait donc de 96 0/0, ce qui s'explique par la suppression de tout renvoi de mouvement.

Le moteur à gaz a contre lui la faible compression qui, même dans le moteur Diesel, ne dépasse pas 35 kg à côté des formidables compressions pratiquées dans le canon, la pauvreté relative du mélange, l'assujettissement du piston à se déplacer suivant une loi sinusoïdale, alors que le projectile est un piston libre et rendu étanche par suite du forcement de la ceinture dans la rayure, la température élevée des gaz à la sortie, la perte par l'eau de circulation, qui atteint 35 0/0, valeur supérieure à celle de l'utilisation en travail. Cette perte, avec celle qui est due à la chaleur emportée par les gaz d'échappement, le rayonnement et la conductibilité, arrive à 62 0/0. Enfin, le rendement organique ne dépasse guère 88 à 90 0/0, bien qu'on ait observé exceptionnellement un chiffre aussi élevé que 93. Enfin, on peut expliquer la supériorité du rendement du canon sur le moteur à gaz, comme aussi celle du rendement du moteur à gaz sur la machine à vapeur, par le fait de la supériorité de la température initiale et de la chute de température entre le foyer et le réfrigérant.

La cause la plus active de la supériorité du canon est la diminution de l'action nuisible des parois, qui résulte de la détente rapide et complète effectuée dans un cylindre qui n'a pas le temps d'emprunter du calorique à la réaction puissante qui s'y développe. Les parois de la pièce n'en gardent que 3,44 0/0, alors que l'eau de circulation de l'enveloppe du moteur en prend 30 0/0 au moins, et le calorique économisé

Digitized by Google

de la sorte dans le canon est économisé utilement, puisque les gaz y subissent une longue détente.

On peut conclure que, pour perfectionner le moteur à gaz, il faut prendre modèle sur le canon et chercher à opérer des détentes rapides et complètes dans un cylindre qu'on ne refroidira que dans la mesure nécessaire. On luttera ainsi contre l'action des parois.

Nous n'avons pu donner qu'une bien faible idée de l'intérêt que présente le travail de M. Witz, qui sera lu avec fruit par tous ceux de nos Collègues qui s'occupent théoriquement ou pratiquement des moteurs thermiques.

**L'enseignement par correspondance.** — Nous trouvons dans la revue de la quinzaine que donne, dans le Bulletin de *la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, notre distingué Collègue M. G. Richard, un passage intéressant, que nous reproduisons ci-après.

« La question de l'enseignement industriel et de la formation technique de nos Ingénieurs continue à attirer l'attention, au point qu'elle semble jeter aujourd'hui quelque trouble même dans le ciel éternellement serein de notre enseignement technique tout à fait supérieur : Polytechnique, École des Mines..., témoin le très inattendu et presque officiel rapport de M. Pelletier, directeur des études de notre École des Mines, publié en tête du numéro de la *Revue de Métallurgie*, de novembre, avec préface encourageante de M. H. Le Chatelier, professeur à cette même École. Je me borne à signaler ce mémoire comme un signe des temps; il traite de sujets trop graves et complexes pour être abordés en conversation; mais je demanderai la permission d'attirer aujourd'hui l'attention sur un mode d'enseignement qui paraîtra sans doute singulier, mais qui a obtenu, aux États-Unis notamment, un succès prodigieux, l'enseignement par correspondance.

L'origine de cet enseignement, aux États-Unis, date d'une quinzaine d'années, lorsque, à la suite de nombreux accidents survenus dans les mines d'anthracite de Pennsylvanie, la législature de cet État exigea des examens de compétence et de capacité pour les contremaîtres et chefs mineurs, examens portant principalement sur l'aérage et le drainage des mines, car c'est pour permettre de s'instruire en vue de cet examen que M. T. J. Foster, éditeur du *Mining Herald*, publia, à cette époque, par demandes et réponses, une série de cours répondant au programme avec éclaircissements, problèmes, etc., envoyés par correspondance aux souscripteurs de ces catéchismes et visites des correspondants par des examinateurs. Le succès fut immédiat et prodigieux au delà de toute espérance, au point que ce système s'étendit immédiatement à presque toutes les branches de la technologie. Les cours infiniment variés et divisés de manière à permettre à chacun d'acquérir rapidement et à peu de frais les connaissances dont il a immédiatement besoin sont répandus avec une publicité extrêmement active, sûre de toucher tous les intéressés, en disant et montrant à chacun comment il peut, en suivant ces cours faits pour lui et dans un but d'utilité immédiate, augmenter son savoir professionnel, de manière à améliorer notablement sa valeur et, par suite, sa situation. La circulation et la



Digitized by Google

diffusion de ces tracts parfois des plus sommaires se fait, pour la principale de ces institutions, l'*International Correspondance School*, de Scranton, par une petite armée de 1 200 agents, constamment en chemin sur 800 itinéraires ou « routes » groupés en 240 divisions pour les États-Unis et le Canada.

Les écoles principales sont au nombre de 31, avec un total de 2 800 professeurs ; chacune d'elles correspond à une grande branche de la technologie : architecture, arts et métiers, chimie, locomotives, téléphonie, chauffage et ventilation. A côté de ces écoles fixes, il y en a de mobiles ; toute une organisation sur voies ferrées, avec 80 agents, 7 wagons dynamométriques, avec appareils pour enseigner le maniement des freins, des wagons spéciaux pour l'enseignement des mécaniciens de chemins de fer, le tout fourni par les Compagnies.

Pour donner une idée de l'importance de ces écoles, je dirai qu'en l'année scolaire finissant en mai 1906 on a, au siège central de l'*International Correspondance School*, à Scranton, enregistré l'expédition de 743 754 compositions ou questions d'examens, de projets, dessins..., envoyés par les correspondants de ces écoles ; 159 482 lettres en réponse à des éclaircissements demandés par des correspondants ; les frais de poste ont dépassé 500 000 f. Les enrôlements marchent au taux de 75 000 par mois ; on atteint actuellement le chiffre prodigieux de 900 000 correspondants. La recette annuelle est de 5 millions de dollars ; les dépenses sont formidables : 1 million et demi de dollars pour les livres et cours, 1 million pour les bâtiments, imprimeries, etc. Depuis quinze ans, le montant total des recettes a été de 22 775 000 dollars (144 millions) avec, aux actionnaires, un dividende de 2 300 000 dollars ; de sorte que c'est en même temps une excellente affaire ; et l'action de ces écoles ne s'étend pas seulement aux États-Unis et au Canada ; c'est ainsi qu'elles reçoivent actuellement, par an, 40 000 dollars de la Nouvelle-Zélande et 30 000 de l'Afrique du Sud.

Vous le voyez, il ne s'agit pas d'une entreprise plus ou moins fantaisiste, mais d'une organisation extrêmement puissante et active dont le succès montre bien qu'elle répond à un besoin réel, besoin jusqu'à un certain point plus impérieux aux États-Unis où les autodidactes sont plus répandus que chez nous et où de très vastes territoires sont encore dépourvus d'écoles techniques élémentaires. Mais il ne faudrait pas croire que de pareilles méthodes d'instruction ne peuvent réussir qu'en Amérique, ce serait une erreur très grave ; elles réussissent aussi en Angleterre, bien que sur une moins grande échelle et même chez nous, notamment depuis 1891, dans l'école spéciale des Travaux publics de M. Eyrolles, qui comprend, en dehors de ses élèves externes et internes de Paris et d'Arcueil, plus de 5 000 étudiants par correspondance, non seulement en France, mais aussi à l'étranger, notamment dans l'Amérique du Sud, où les 160 cours de M. Eyrolles font une concurrence victorieuse à ceux des écoles américaines. »

---

Digitized by Google

# COMPTES RENDUS

## SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1906.

Rapport de M. C. LAVOLLÉE sur l'**histoire documentaire de la Société Industrielle de Mulhouse** et de ses environs, au XIXe siècle.

C'est un compte rendu très sommaire d'une très belle publication faite par la Société Industrielle de Mulhouse et qui a paru en 1902. La bibliothèque de notre Société en possède un exemplaire et nous sommes heureux de profiter de cette occasion pour le signaler à nos Collègues. On peut dire que la Société Industrielle a eu une part considérable dans la prospérité de la ville de Mulhouse par l'influence technique et économique qu'elle a eue sur les industries et par le rôle qu'elle a joué dans le développement des établissements d'enseignement et les institutions d'assistance et de protection des ouvriers.

Rapport de M. ÉMILE CHEYSSON sur **le casier sanitaire des maisons de Paris,** par M. P. JUILLERAT.

La création d'un casier sanitaire des maisons de Paris a été réalisée en 1893, et ce casier qui compte aujourd'hui onze années d'existence peut être considéré comme l'organisme de ce genre le plus complet qui existe actuellement.

Chaque maison a son dossier, comportant d'abord une description complète avec les plans et indications nécessaires, puis les décès par maladie transmissible survenus dans la maison, les désinfections opérées, les travaux prescrits par le Bureau d'hygiène et la suite donnée à ces prescriptions, etc.

M. P. Juillerat a étudié ces dossiers et des éléments qu'ils contiennent a tiré des renseignements d'un intérêt considérable pour l'étiologie des maladies transmissibles. Il a constaté, par exemple, que la fréquence des décès tuberculeux est proportionnelle à la hauteur des maisons et qu'elle est sous la dépendance directe des espaces libres qui les entourent. Il a été amené même à soupçonner le rôle prépondérant que jouait, dans le développement de la tuberculose, l'absence d'air et de lumière, rôle qu'on peut formuler ainsi : La tuberculose est la maladie de l'obscurité, vérité déjà entrevue dans le passé et affirmée par le proverbe persan : Là où entre le soleil n'entre pas le médecin.

Le Congrès de la tuberculose a, d'ailleurs, émis sur l'accès de l'air, de la lumière et du soleil, toute une série de vœux également inspirés par les belles études de M. Juillerat.

Digitized by Google

Rapport de M. Daubrée sur l'ouvrage de M. Mathey intitulé : **Traité d'exploitation commerciale des bois.**

Le premier volume seul de cet ouvrage, dû à M. Mathey, Inspecteur des eaux et forêts à Dijon, est actuellement paru; il étudie la constitution des bois, leurs défauts et maladies, la conservation, l'emmagasinage et les traitements préservatifs des bois, leur exploitation et leur transport.

Le second volume, actuellement à l'impression, traitera de l'emploi des bois, de leur débit, de leur valeur et des usages commerciaux reçus en France et dans les principaux pays étrangers.

Rapport de M. Ringelmann sur un **monte-tabac,** présenté par M. E. Guichard.

Après leur récolte les plantes de tabac sont mises à sécher sur des fils de fer tendus dans les séchoirs; on se sert pour cette opération d'échelles ou d'échafaudages légers susceptibles de causer des accidents.

L'appareil de M. Guichard utilise le principe des sécateurs d'élagage qu'on fixe à une perche; c'est une pince à mâchoire dentelée avec laquelle on prend la plante et on la passe sur le fil.

Cet outil est léger; son poids avec la perche ne dépasse pas 0,220 kg et la manœuvre en est facile; il est appelé à rendre des services dans les nombreuses exploitations où se cultive le tabac.

Rapport de M. Wery, sur la **Méthode de comptabilité agricole,** de M. Chaussois.

**Notes de Chimie,** par M. Jules Garçon.

Voici les principaux sujets traités sous cette rubrique : Sur les progrès de l'électrochimie. — Relation entre l'activité chimique et la conductibilité électrique. — Sur la fabrication du plâtre. — Les progrès depuis vingt ans dans l'industrie des ciments. — Sur les progrès en métallurgie et en électrométallurgie. — La catastrophe des mines de Courrières. — Revue des progrès dans le domaine des essences. — Collement du caoutchouc. — Peinture à base de plomb et de zinc. — Sur l'oxydation de l'huile de lin, etc.

**Notes de Mécanique.**

On trouve dans ces notes : une étude sur les compteurs d'eau, de lord Kelvin, une sur les essais des matériaux de construction au jet de sable, une note sur la stabilisation des navires par le gyroscope, d'après le système de M. O. Schlick, une sur les injecteurs et une sur l'art de couper les métaux.

Digitized by Google

## ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

*3e trimestre de 1906.*

**Notice** sur M. **Ernest Blagé,** Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur honoraire de la Compagnie des Chemins de fer du Midi, par M. Glasser, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur de la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

Note sur **quelques aspects des formules d'exploitation pour les chemins de fer d'intérêt local,** par M. Tourtay, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'objet de cette note est de faire voir qu'avec les formules d'exploitation en usage pour les chemins de fer d'intérêt local, on arrive quelquefois, pour les lignes à faible recette, à de véritables anomalies, absolument contraires au but qu'on se propose en les employant. Il est donc permis de se demander si des systèmes de conventions qui entraînent des combinaisons aussi complexes, aussi artificielles, aussi difficiles à prévoir, constituent bien le régime le plus rationnel auquel on puisse avoir recours dans l'intérêt du public.

L'auteur indique sommairement les bases d'arrangements plus rationnels par lesquels le concessionnaire aurait grand intérêt à développer le trafic par tous les moyens (ce qui n'est pas toujours le cas actuellement) parce qu'il pourrait espérer une large part dans les bénéfices. D'autre part, le département serait assuré, dans tous les cas, de retirer un certain profit en compensation de ses sacrifices, au lieu de voir lui échapper des bénéfices qui auraient été plus importants s'ils s'étaient produits, mais qui en fait ne se produisent pas parce que le concessionnaire a intérêt à ce qu'il en soit autrement.

**Étude hydrologique de la Moselle.** — Les crues et leurs prévisions, d'après MM. Honsell et von Tein, par M. Ed. Maillet, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

C'est le résumé d'un fascicule des publications du Bureau central météorologique et hydrographique badois relatives au Rhin et autres cours d'eau d'Allemagne. Ce fascicule est consacré à l'étude climatologique et hydrologique de la Moselle, étude qui a particulièrement trait à l'annonce des crues tant à l'aide des hauteurs d'eau qu'à celle des pluies.

**Les grandes crues de la saison froide** dans les bassins de la Seine et de la Loire, par M. Ed. Maillet, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur se propose d'examiner s'il est possible d'établir, au moins pour une partie importante des bassins de la Seine et de la Loire, une loi indiquant un rapport entre les maxima des crues de la saison froide

Digitized by Google

(1er novembre, 1er mai) et l'importance des pluies de la saison chaude précédente (1er mai, 1er novembre). Il arrive à conclure que les lois ainsi obtenues ne sauraient être considérées comme absolues parce qu'elles peuvent être infirmées par des circonstances météorologiques exceptionnelles, mais elles indiquent des probabilités plus ou moins fortes, susceptibles de fournir des renseignements très utiles et même, parfois, une prévision assez sûre au 1er novembre de chaque année.

Note sur **le calcul et sur la répartition des étriers** dans les poutres droites en ciment armé, par M. Pendariès, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur des Travaux de la Ville de Toulouse.

L'objet de cette note est d'éviter des calculs longs et laborieux aux constructeurs et de fournir une méthode géométrique simple pour assurer la répartition des étriers d'une manière rationnelle dans les poutres en ciment armé, de telle sorte qu'il y ait toujours, aux différents points de la travée, le nombre d'étriers répondant exactement aux conditions de résistance que l'on s'est imposées *a priori*.

Dexième note sur **le calcul des arcs encastrés** par M. Pigeaud, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Dans cette deuxième note, l'auteur poursuit son étude sur les arcs encastrés en l'appliquant au cas où la section au lieu d'être constante, augmente progressivement de la clef aux naissances suivant une loi exprimée par deux conditions qu'il indique.

**Rivetage en acier spécial.** — Expériences et comparaison avec l'acier ordinaire, par M. Mesnager, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons a proposé l'emploi pour le rivetage dans les constructions métalliques d'un acier spécial au nickel, caractérisé par une résistance à la rupture de 127 kg avec un allongement de 0,09.

Les expériences faites sur cet acier et qui sont rapportées dans la présente note ont permis de conclure que :

1° Les rivets faits avec l'acier spécial ne se rompent que sous des efforts 2,5 fois plus grands que les rivets en acier ordinaire prévus au règlement de 1891 ;

2° Que, bien que donnant, posés dans les conditions de la pratique courante, un serrage moins parfait que les rivets en acier ordinaire, sous des efforts de cisaillement soit continus, soit alternatifs, plus que triples des efforts supportés par ces derniers, ils ne permettent que des déplacements des tôles réunies généralement inférieurs.

Il semble donc qu'on puisse sans aucune précaution spéciale employer ces rivets dans les ouvrages en les soumettant à une charge 2,5 fois plus grande que celle qu'on impose aux rivets ordinaires. Les rivets en acier spécial peuvent donner un très bon serrage à condition de maintenir une minute une forte pression de riveuse.

L'intérêt de cette substitution n'échappera à personne. On sait combien, surtout pour les poutres de portée un peu considérable, il est diffi-

Digitized by Google

cile de loger la rivure des assemblages et à quelles solutions disgracieuses conduit le plus souvent la sujétion des rivures actuellement en usage.

**Longueur des routes nationales par département** au 1^er^ janvier 1906.

**Pont tournant au port de Roanne,** par M. Mazoyer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce pont tournant destiné à la circulation des trains desservant les voies de quais du port de Roanne est établi au-dessus du chenal de communication de ce port avec la Loire.

Ce pont établi pour une seule voie, a 4,46 m de largeur à l'extérieur du garde-corps et 9,83 m de longueur de volée pour une ouverture de 6,50 m. Il est formé de deux poutres maitresses en tôle et cornières portant les trottoirs en encorbellement et reliées intérieurement par des pièces de pont. Il tourne sur un pivot et une couronne de galets. Le poids total des fers et fontes s'élève à 35 240 kg; le total des dépenses ressort à 13 000 f en nombre rond. Le pont a été mis en service en mars 1897.

**Bulletin des accidents d'appareils à vapeur** survenus pendant l'année 1904.

Le nombre total d'accidents a été de 29; le nombre des morts a été de 18 et celui des blessés de 26.

Les chaudières non tubulaires ont donné lieu à 5 accidents avec 1 mort et 4 blessés; les chaudières à tubes à fumée à 12 accidents avec 10 tués et 16 blessés, les chaudières à tubes d'eau ont eu 3 accidents avec 3 tués et 4 blessés; le reste concerne les réchauffeurs, récipients et divers.

Au point de vue des causes présumées des accidents, on en trouve 5 attribués à des conditions défectueuses d'établissement, 11 à des conditions défectueuses d'entretien, 11 à un mauvais emploi des appareils et 7 à des causes non précises.

Le nombre des causes est supérieur à celui des accidents parce que, dans plusieurs cas, l'accident a été porté comme du à plusieurs causes.

**Substitution de la traction électrique à la traction à vapeur** au chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure, par M. P. Dumas, Ingénieur des Ponts et Chaussées, chef de l'exploitation.

Le compte rendu des essais faits pour cette substitution a été déjà publié dans *les Annales* du 4^e^ trimestre de 1904. La présente étude basée sur ces essais a pour objet de déterminer par avance les avantages à attendre de la transformation projetée entre la gare de Saint-Georges-de-Commiers et la Motte-d'Aveillans sur une longueur totale de 22 649 m.

**Le coup de pression,** par M. le docteur Paul Carnot.

Au sujet d'un ouvrier travaillant dans les caissons du Métropolitain,

Digitized by Google

à la traversée de la Seine au Châtelet, l'auteur étudie les symptômes, les causes et la prophylaxie du « coup de pression » qui devrait plutôt s'appeler « coup de dépression » et qui est un accident qu'on observe chez les ouvriers travaillant dans les caissons et chez les plongeurs et scaphandriers. La note étudie, en outre, le traitement curatif et les moyens préventifs qui consistent surtout en des compressions et des décompressions suffisamment lentes.

**Canal d'Aragon et Catalogne.** — On construit actuellement en Espagne un canal d'irrigation qui prend 35 m³ par seconde à la rivière de l'Essera. Ce canal a 120 km de longueur, il alimente celui de Zaïdin qui a 60 km et divers canaux secondaires d'un développement collectif de 165. Il comporte de nombreux ouvrages d'art, entre autres un souterrain de 1 800 m, des aqueducs et notamment un grand siphon en béton armé formé de deux tubes jumeaux de 3,80 m de diamétre extérieur et de 0,170 m d'épaisseur avec chemise extérieure en tôle de 3 mm. Ce siphon a 1 018 m de développement.

---

## SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINERALE

*Novembre-décembre 1906.*

DISTRICT DU NORD.

*Réunion du 22 septembre 1906.*

**Visite aux Mines d'Anzin et aux Forges et Aciéries de Denain.**

Au premier de ces établissements, la visite a porté d'abord sur le siège d'Aremberg, comportant deux puits, dont l'un, consacré à l'extraction, permet d'extraire 1 500 t en dix heures avec une machine d'extraction à quatre cylindres, disposés deux à deux en tandem et évacuant dans un condenseur central.

Une installation centrale électrique établie à la surface met en mouvement tous les appareils divers du jour et du fond tels que : ventilateurs, criblage, lavage, trainage, éclairage, pompes, etc.

On a ensuite visité les chantiers où la force est donnée par une station génératrice d'électricité et qui comprend divers ateliers, charpentes, voitures, ajustage, forge, fonderie, chaudronnerie, etc.

Aux Forges et aciéries de Denain, la visite a porté sur les fours à coke, répartis en trois batteries de cinquante-deux fours chacun, donnant par vingt-quatre heures 2 500 kg de coke par four; les hauts fourneaux, au nombre de six en trois groupes, dont les quatre plus anciens donnent 90 t de fonte par vingt-quatre heures chacun et les deux nouveaux 150 à 200 t. Ces appareils fonctionnent à l'air chaud et leurs gaz chauffent des groupes de chaudières.

Digitized by Google

L'aciérie Thomas comporte quatre convertisseurs produisant 450 t d'aciers de toutes nuances par douze heures. Les lingots, après avoir passé vingt minutes dans des puits où leur température s'égalise, sont dégrossis dans un blooming actionné par une machine reversible de 6000 ch ; ils passent ensuite, suivant leur destination, à un train à billettes, un train à rails, ou un train à poutrelles.

L'établissement comprend aussi une aciérie Martin avec six fours, dont cinq de 18 à 25 t et un de 8 t ; la production est de 350 t environ par vingt-quatre heures. Un atelier de moulage permet d'obtenir par an 3000 t d'acier moulé en pièces de tout poids, jusqu'à 25 000 kg. Une tôlerie fournit des tôles de toute épaisseur. Un train à grosses tôles, actionné par une machine reversible de 6 000 ch, donne des tôles de 10 à 40 mm d'épaisseur. Le tonnage annuel de produits finis laminés à l'usine d'Anzin est de 100 000 t et le nombre d'ouvriers de 1 800.

## District de Paris.

*Réunion du 8 novembre 1906.*

Communication de M. Chalon sur l'**opinion anglaise sur la catastrophe de Courrières.**

La Commission anglaise envoyée pour étudier la catastrophe de Courrières a conclu que l'accident était dû à une vaste et formidable explosion de poussières de charbon, sans aucune participation de grisou, et signale le fait qu'une explosion peut, à l'aide des poussières seules, sans aucun gaz, cheminer dans toute l'étendue d'une mine. Il y a là un danger contre lequel le seul emploi des explosifs de sûreté est insuffisant et il convient de rechercher les moyens de le prévenir et, tout au moins, de localiser et isoler les explosions de poussières.

Communication de M. Francis Laur sur **la houille au nord de Rouen.**

L'auteur développe des considérations d'après lesquelles il y aurait sous le pays de Bray un bassin houiller énorme plus accessible qu'aucun des bassins sous-jacents que nous connaissons, vers 400 à 500 m de profondeur.

Cette communication a été suivie d'une discussion très étendue, dans laquelle se sont produites des opinions très divergentes.

---

## SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

---

N° 51. — *22 décembre 1906.*

Le matériel de chemins de fer à l'Exposition nationale bavaroise, à Nuremberg, en 1906, par Metzeltin.

Freins électriques pour les appareils de levage, par Fr. Jordan *(suite)*.

Digitized by Google

Élévation de l'eau par l'air comprimé, par L. Darapsky et F. Schubert.

*Groupe de Cologne.* — Statistiques publiées par l'Administration impériale des patentes d'invention.

*Bibliographie.* — Emploi des véhicules à moteur dans l'agriculture, par Oschmann. — Dictionnaire de Lueger pour l'industrie en général et les sciences qui s'y rattachent. — Les hélices propulsives, par A. Achenbach.

*Revue.* — Essais du croiseur à turbines *Lubeck.* — Travaux de l'Institut royal d'essais de matériaux de Gross-Lichterfelde, en 1905. — Accidents survenus dans les installations électriques dans l'année 1905. — Fonderie d'acier de la Scullin Galagher Iron and Steel Company, à Saint-Louis.

N° 52. — *29 décembre 1906.*

La question du chauffage en Angleterre, par A. Gramberg.

Élévation de l'eau par l'air comprimé, par L. Darapsky et F. Schubert *(fin).*

Freins électriques pour les appareils de levage, par F. Jordan *(fin).*

Expériences sur le fonctionnement des clapets de pompes, par R. Baumann.

Recherches sur la surélévation des efforts dans les expériences répétées de résistance, par H. Hort.

Exposition germano-bohême, à Reichenberg, en 1906 : machines motrices, machines-outils, etc., par Th. Demuth *(suite).*

*Bibliographie.* — Production et utilisation du froid, par L. Marchis. — La technique actuelle des chemins de fer.

*Revue.* — Usure par ondulations de la surface de roulement des rails des chemins de fer électriques. — Wagon-plate-forme à quatre essieux. — Installations pour la mise à l'eau du paquebot de la Compagnie Cunard, *Mauretania.* — Traction électrique dans le tunnel des Giovi. — Résultats d'exploitation du Chemin de fer Métropolitain de Paris.

N° 1. — *5 janvier 1907.*

Machines d'extraction à vapeur ou électriques, par Ad. Wallichs.

Locomotive avec réchauffeur d'eau d'alimentation, construite aux ateliers Henschel et fils, à Cassel, par E. Sauer.

Expériences comparatives sur des hélices propulsives, par M. Lorenz.

Nouveaux régulateurs de vitesse, par F. Strnad.

*Groupe d'Alsace-Lorraine.* — La lampe Osram.

*Bibliographie.* — Organisation administrative des usines électriques et des chemins de fer et tramways électriques, par M. Berthold. — Technologie des graisses et huiles, par G. Hefter.

*Revue.* — Expériences sur un turbo-compresseur, système Rateau. — Dispositif électrique de mise en marche pour moteur à gaz. — Pendule pour l'essai des barres métalliques au choc. — Expériences sur un four électrique Héroult. — Tunnel en béton armé.

Digitized by Google

N° 2. — *12 janvier 1907.*

La construction du chemin de fer de Schantang, par A. Wenz.

Installations mécaniques dans les usines métallurgiques, par Fr. Frölich *(suite)*.

Chaudières dans les stations centrales d'électricité, à Londres, par R. Lind.

Nouveaux régulateurs de vitesse, par F. Strnad *(fin)*.

*Groupe du Bas-Weser.* — Grue en pilon pour fortes charges.

*Bibliographie.* — Les pompes centrifuges, par F. Neumann. — Annuaire de l'industrie des voitures et bateaux automobiles, par E. Neuberg.

*Revue.* — Expériences sur la dépense de vapeur d'une machine d'extraction tandem au puits Werne, à Mulheim-sur-Ruhr. — Voie de tramway de grande résistance. — Omnibus automobiles à Londres.

N° 3. — *19 janvier 1907.*

Chaleur spécifique de la vapeur d'eau en relation avec la pression et la température, par O. Knoblauch et M. Jakob.

Installations mécaniques dans les usines métallurgiques, par Fr. Frölich *(suite)*.

Résistance des véhicules de chemins de fer et les diverses formules pour la calculer, par A. Frank.

Les avaries du vapeur hambourgeois *Martha Woermann*, par H. Buchholz.

Régulateurs à action régulatrice potentielle, par E. Wiki.

Dispositifs de sûreté pour machines d'extraction, par Ad. Wallichs.

Les prétendus dangers du gaz d'éclairage, d'après les statistiques.

*Association des Chemins de fer.* — Quelques chemins de fer dans les régions tropicales de l'Asie orientale.

*Bibliographie.* — La technique des ateliers, par G. Schlesinger.

Réunion générale des Associations de Maitres de forges allemands, à Dusseldorf, le 9 décembre 1906.

*Revue.* — Les minerais de fer du Lac Supérieur. — Le projet du chemin de fer du Splugen. — Une nouvelle fabrique de carbure de calcium.

N° 4. — *26 janvier 1907.*

Voiture automobile pour poids lourds, construite par la Société Freibahn, à Siegefeld, près Berlin, par A. Heller.

Chaleur spécifique de la vapeur d'eau en relation avec la pression et la température, par O. Knoblauch et M. Jakob *(fin)*.

Distribution par soupapes avec régulateur à ressort, par R. Proell.

Installations mécaniques dans les usines métallurgiques, par Fr. Frölich *(suite)*.

Digitized by Google

Machine tandem à distribution par soupapes, système Lentz, par K. H. Merk.

Mesure du tirage dans les appareils de chauffage, par K. Renbold.

Fête pour le cinquantenaire de la fondation du Groupe d'Aix-la-Chapelle.

*Revue.* — Expériences sur les lampes Orraus. — Appareil pour le tirage continu des reproductions de dessins par la lumière. — La plus haute cheminée du monde.

*Pour la Chronique et les Comptes rendus :*
A. MALLET.

---

Digitized by Google

# LISTE

DES

# PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

# INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

# 1er JANVIER

1907

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS PAR AN |
|---|---|
| **EN FRANÇAIS** | |
| *Académie des Sciences (Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l')* . . | 52 |
| *Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires de l')* | 1 |
| *Actualités Scientifiques*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Aéronaute (L')* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Almanach Hachette* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Analyse des Eaux prélevées par le Laboratoire Municipal* . . . . . . . . | 52 |
| *Annales de la Construction (Nouvelles)* . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Annales des Chemins Vicinaux*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 24 |
| *Annales des Mines* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Annales des Mines de Belgique (Bruxelles)* . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| *Annales des Ponts et Chaussées. Partie Administrative*. . . . . . . . . . | 12 |
| *Annales des Ponts et Chaussées. Partie Technique*. . . . . . . . . . . . | 4 |
| *Annales des Travaux Publics de Belgique* . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 |
| *Annales du Commerce Extérieur* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Année Scientifique et Industrielle (L')*. . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Année Technique (L')* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire-Almanach du Commerce, de l'Industrie, etc. (Didot-Bottin)* . . . . | 1 |
| *Annuaire-Chaix. Les Principales Sociétés par Actions*. . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire d'Adresses des Fonctionnaires du Ministère des Travaux Publics* . . | 1 |
| *Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France* . . . . | 1 |
| *Annuaire de la Librairie Française* . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire de la Presse Française et du Monde Politique* . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire des Journaux* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire des Longitudes*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire du Bâtiment (Sageret)*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Annuaire du Ministère des Travaux Publics* . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire Général des Sociétés Françaises par Actions (Cotées et non Cotées) et des Principales Sociétés Étrangères* . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire Marchal des Chemins de Fer et des Tramways*. . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire Statistique de la France* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annuaire Statistique de la Ville de Paris* . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Annual Baudry de Saunier. Manuel Géneral de l'Industrie Automobile*. . . . | 1 |
| *Architecture (L'). Cours des Matériaux de Construction dans la Ville de Paris.* | 52 |
| *Architecture (L'). Journal Hebdomadaire de la Société Centrale des Architectes Français* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Section Française)*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale (Bulletin de l')* . . | 12 |
| *Association Amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines (Bulletin Mensuel de l')* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Associations de Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Compte Rendu des Séances des Congrès des Ingénieurs en Chef des)* . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie de France et des Colonies (Bulletin de l')* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Association des Élèves sortis de l'École Industrielle de Liége (Bulletin de l').* . | 6 |
| *Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail. Bulletin Bimestriel*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 |
| *Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail (Bulletin de l')* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Association des Ingénieurs-Conseils en Matière de Propriété Industrielle (Bulletin de l')*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Électro-Technique Montefiore (Bulletin de l')* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége (Annuaire de l').* . . . . | 5 |
| *Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége (Bulletin de l')* . . . . . | 4 |
| *Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand (Annales de l')* . | 4 |
| *Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France. Bulletin* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Association Française pour l'Avancement des Sciences. Comptes Rendus des Sessions*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Association Française pour l'Avancement des Sciences. Informations et Documents divers* | 4 |
| *Association Française pour la Protection de la Propriété Industrielle (Bulletin de l')* | 1 |
| *Association Internationale des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction (Réunion des Membres Français et Belges de l') (Paris)* | 12 |
| *Association Internationale pour la Protection de la Propriété Industrielle (Annuaire de l')* | 1 |
| *Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à Vapeur* | 1 |
| *Association Normande pour prévenir les Accidents du Travail (Bulletin de l')* | 1 |
| *Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur. Bulletin Annuel* | 1 |
| *Association Polytechnique (Bulletin Mensuel de l')* | 12 |
| *Association Technique Maritime (Bulletin de l')* | 1 |
| *Béton Armé (Le)* | 12 |
| *Bibliographie de la France. Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie* | 52 |
| *Bibliographie des Sciences et de l'Industrie* | 12 |
| *Bulletin des Transports Internationaux par Chemins de Fer (Berne)* | 12 |
| *Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne* | 12 |
| *Bulletin International de l'Électricité et Journal de l'Électricité réunis* | 24 |
| *Bulletin Municipal Officiel de la Ville de Paris* | 365 |
| *Bulletin Technique. Publié sous les auspices de l'Association des Ingénieurs de l'Institut Industriel du Nord de la France (Valenciennes)* | 12 |
| *Bulletin Technique de la Suisse Romande. Organe en Langue Française de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes (Lausanne)* | 24 |
| *Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires du)* | ? |
| *Capitaliste (Le)* | 52 |
| *Céramique et les Matériaux de Construction (La)* | 24 |
| *Chambres de Commerce (Le Journal des)* | 24 |
| *Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-Verbaux des Séances de la)* | 12 |
| *Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique Mensuelle de la)* | 12 |
| *Chambre de Commerce de Paris (Bulletin de la)* | 52 |
| *Chambre de Commerce de Paris (Compte Rendu des Travaux de la)* | 1 |
| *Chambre de Commerce de Rouen (Compte Rendu des Travaux de la)* | 1 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Chambre de Commerce Française d'Alexandrie (Bulletin de la)* . . . . . . . | 12 |
| *Chambre de Commerce Française de Portugal (Bulletin de la)* . . . . . . . | 12 |
| *Chambre des Propriétaires (La). Bulletin de la Chambre Syndicale des Propriétés Immobilières de la Ville de Paris* . . . . . . . . . . . . . . . | 24 |
| *Chambre Syndicale des Constructeurs de Machines Agricoles de France* . . . | 12 |
| *Chemin de Fer du Nord. Rapport présenté par le Conseil d'Administration* . . | 1 |
| *Chemins de Fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine du Royaume de Belgique. Compte Rendu des Opérations*. . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Ciment (Le)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Club Aéronautique de l'Aube. Bulletin Annuel* . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Comité Central des Houillères de France (Annuaire du)* . . . . . . . . . . | 1 |
| *Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe*. . . . . . . . . . . | 1 |
| *Comité de l'Afrique Française (Bulletin du)*. . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Comité des Forges de France (Annuaire du)*. . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Comité des Forges de France (Bulletin du)* . . . . . . . . . . . . . . | ? |
| *Comité des Forges de France (Circulaires)* . . . . . . . . . . . . . . | ? |
| *Compagnie Générale des Voitures à Paris. Rapport du Conseil d'Administration* | 1 |
| *Congrès des Sociétés Savantes. Discours prononcés à la Séance du Congrès* . . | 1 |
| *Congrès des Sociétés Savantes. Programme du Congrès* . . . . . . . . . . | 1 |
| *Congrès International des Accidents du Travail et des Assurances Sociales (Bulletin du Comité Permanent du)* . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| *Congrès International des Chemins de Fer (Bulletin de l'Association du)* . . . | 12 |
| *Conseil d'Hygiène Publique et de Salubrité du Département de la Seine (Compte Rendu des Séances du)*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 26 |
| *Conseil Supérieur du Travail*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Conservatoire National des Arts et Métiers. Rapport général du Conseil d'Administration* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Construction Moderne (La)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Cosmos (Le)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Cycle et Automobile Industriels* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Écho des Mines et de la Métallurgie (L')*. . . . . . . . . . . . . . . . | 104 |
| *Éclairage Électrique (L'). Revue Hebdomadaire des Transformations Électriques, Mécaniques, Thermiques de l'Énergie* . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *École Centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des Travaux de Vacances des Élèves* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |



Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS PAR AN |
|---|---|
| *École Nationale des Ponts et Chaussées. Collection de Dessins distribués aux Élèves. Légendes Explicatives des Planches* . . . . . . . . . . . . . . | ? |
| *École Nationale des Ponts et Chaussées (Voir :* Annales des Ponts et Chaussées) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » |
| *École Nationale Supérieure des Mines (Voir :* Annales des Mines) . . . . | » |
| *École Spéciale d'Architecture. Concours de Sortie.* . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *École Spéciale d'Architecture. Séance d'Ouverture* . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *École Spéciale de Travaux Publics (Voir :* L'Ingénieur-Constructeur de Travaux Publics) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » |
| *Économiste Français (L').* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Électricien (L').* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Études Professionnelles. Bâtiment et Travaux publics (Questions Économiques et Sociales)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 |
| *France Automobile (La)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Génie Civil (Le)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Glace et les Industries du Froid (La)* . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Globe Trotter (Le).* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Houille Blanche (La) Revue générale des Forces Hydro-Électriques et de leurs Applications.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Industrie Électrique (L').* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 24 |
| *Ingénieur-Constructeur de Travaux Publics (L') Revue trimestrielle. Organe Officiel de l'Association Amicale des Élèves et anciens Élèves de l'École Spéciale de Travaux Publics* . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| *Inspection du Travail (Bulletin de l').* . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 |
| *Institut des Actuaires Français (Bulletin de l')* . . . . . . . . . . . . | 4 |
| *Institut Égyptien (Bulletin de l').* . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8 |
| *Inventions Illustrées (Les).* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Journal Amusant (Le).* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Journal d'Agriculture Pratique* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Journal de l'Éclairage au Gaz et à l'Électricité* . . . . . . . . . . . . | 24 |
| *Journal de l'Électrolyse* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 24 |
| *Journal de la Meunerie* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Journal des Chemins de Fer* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Journal des Fabricants de Sucre.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Journal des Transports* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Journal des Travaux Publics* | 104 |
| *Journal des Usines à Gaz* | 24 |
| *Journal du Pétrole et des Industries qui s'y rattachent* | 36 |
| *Journal Officiel* | 365 |
| *Journal Spécial des Sociétés Françaises par Actions* | 104 |
| *Journal Technique et Industriel* | 24 |
| *Journal Télégraphique (Berne)* | 12 |
| *Laboratoire d'Essais Mécaniques, Physiques, Chimiques et de Machines du Conservatoire National des Arts et Métiers (Bulletin du)* | ? |
| *Locomotion Automobile (La)* | 52 |
| *Matériaux de Construction (Les) (Stuttgart)* | 24 |
| *Mémorial du Génie Maritime* | 2 |
| *Mer et Marine* | 12 |
| *Métallurgie et la Construction Mécanique (La)* | 52 |
| *Mois Chimique et Électro-Chimique (Le)* | 12 |
| *Mois Minier et Métallurgique (Le)* | 12 |
| *Mois Scientifique et Industriel. Revue Internationale d'Informations* | 12 |
| *Monde Illustré (Le)* | 52 |
| *Moniteur de l'Entreprise et de l'Industrie (Organe Officiel des Chambres Syndicales de la Ville de Paris et du Département de la Seine)* | 52 |
| *Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.* | 24 |
| *Moniteur de la Papeterie Française et de l'Industrie du Papier (Le)* | 24 |
| *Moniteur des Fils et Tissus* | 52 |
| *Moniteur des Intérêts Matériels* | 156 |
| *Moniteur Officiel du Commerce* | 52 |
| *Moniteur Scientifique du Docteur Quesneville* | 12 |
| *Mouvement Industriel et les Brevets Français (Le)* | 46 |
| *Musée Social (Annales)* | 12 |
| *Musée Social (Mémoires et Documents)* | 12 |
| *Nature (La)* | 52 |
| *Observatoire de Nice (Annales de l')* | ? |
| *Observatoire Météorologique, Physique et Glaciaire du Mont-Blanc (Annales de l')* | ? |
| *Office Colonial (Feuille de Renseignements de l')* | 12 |
| *Office du Travail (Bulletin de l')* | 12 |
| *Office National du Commerce Extérieur. Extrait des Rapports. Pièces Annexes* | 1 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Papier (Le)* | 24 |
| *Paris-Hachette. Annuaire Complet, Commercial, Administratif et Mondain.* | 1 |
| *Portefeuille Économique des Machines* | 12 |
| *Publications Nouvelles de la Librairie Gauthier-Villars (Bulletin des)* | 4 |
| *Questions Diplomatiques et Coloniales. Revue de Politique Extérieure* | 24 |
| *Quinzaine Coloniale (La). Organe de l'Union Coloniale Française* | 24 |
| *Radium (Le). La Radioactivité et les Radiations; les Sciences qui s'y rattachent et leurs Applications* | 12 |
| *Rapports Commerciaux des Agents Diplomatiques et Consulaires de France (Annexe au Moniteur Officiel du Commerce)* | 52 |
| *Rapports sur l'Application des Lois réglementant le Travail* | 1 |
| *Recueils Statistiques sur les Métaux suivants : Plomb, Cuivre, Zinc, Étain, Argent, Nickel, Aluminium et Mercure, établis par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft A. G. (Francfort-sur-Mein)* | 1 |
| *Réforme Économique (La)* | 46 |
| *Réforme Sociale (La)* | 24 |
| *Régence de Tunis. Bulletin de la Direction de l'Agriculture et du Commerce.* | 4 |
| *Répertoire des Industries, Gaz et Électricité* | 1 |
| *Répertoire du Journal Officiel de la République Française* | 12 |
| *Répertoire Général de Chimie Pure et Appliquée* | 24 |
| *Répertoire Général des Fournisseurs de l'Armée, de la Marine et des Travaux Publics* | 1 |
| *Revue Bleue* | 52 |
| *Revue Coloniale* | 12 |
| *Revue d'Artillerie* | 12 |
| *Revue d'Hygiène et de Police Sanitaire* | 12 |
| *Revue de Chimie Industrielle et Revue de Physique et de Chimie et de leurs Applications Industrielles* | 12 |
| *Revue de l'Ingénieur et Index Technique* | 12 |
| *Revue de Législation des Mines en France et en Belgique* | 6 |
| *Revue de Mécanique* | 12 |
| *Revue de Métallurgie* | 12 |
| *Revue des Matériaux de Construction et de Travaux Publics* | 12 |
| *Revue du Génie Militaire* | 12 |
| *Revue Électrique (La)* | 24 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Revue Française de Construction Automobile* | 12 |
| *Revue Générale de Chimie Pure et Appliquée* | 24 |
| *Revue Générale de l'Acétylène* | 24 |
| *Revue Générale des Chemins de Fer et des Tramways* | 12 |
| *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées* | 24 |
| *Revue Horticole* | 24 |
| *Revue Industrielle* | 52 |
| *Revue Maritime* | 12 |
| *Revue Minéralurgique (La), Mines, Métallurgie, Travaux Publics* | 12 |
| *Revue Philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest* | 12 |
| *Revue Polytechnique (La). Bulletin de la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève* | 24 |
| *Revue Scientifique* | 52 |
| *Revue Universelle des Mines, de la Métallurgie, des Travaux Publics, des Sciences et des Arts appliqués à l'Industrie* | 12 |
| *Semaine Financière (La)* | 52 |
| *Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube (Mémoires de la)* | 1 |
| *Société Anonyme du Canal et des Installations Maritimes de Bruxelles. Rapport du Conseil d'Administration* | 1 |
| *Société Astronomique de France (Bulletin de la)* | 12 |
| *Société Belge d'Électriciens (Bulletin de la)* | 12 |
| *Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (Bulletin de la)* | 6 |
| *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels (Liste des Membres)* | 1 |
| *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapport Annuel* | 1 |
| *Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon (Annales de la)* | 4 |
| *Société d'Économie Politique (Bulletin de la)* | 1 |
| *Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin de la)* | 12 |
| *Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. Compte Rendu bi-Mensuel des Séances* | 24 |
| *Société de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin de la)* | 24 |
| *Société de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin de la)* | 12 |
| *Société de Géographie de l'Est (Bulletin de la)* | 4 |
| *Société de l'Industrie Minérale (Bulletin de la)* | 4 |
| *Société de l'Industrie Minérale (Compte Rendu Mensuel des Réunions de la)* | 12 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Société de Protection des Apprentis (Bulletin de la)* | 4 |
| *Société de Secours des Amis des Sciences. Compte Rendu de l'Exercice* | 1 |
| *Société des Agriculteurs de France (Bulletin de la)* | 24 |
| *Société des Agriculteurs de France. Comptes Rendus des Travaux de la Session Générale Annuelle* | 1 |
| *Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers. Bulletin Technologique* | 12 |
| *Société des Études Coloniales et Maritimes (Bulletin de la)* | 12 |
| *Société des Ingénieurs sortis de l'École Provinciale d'Industrie et des Mines du Hainaut (Bulletin de la) (Liège)* | 2 |
| *Société des Ingénieurs sortis de l'École Provinciale d'Industrie et des Mines du Hainaut (Publications de la) (Liège)* | 4 |
| *Société Forestière Française des Amis des Arbres (Bulletin de la)* | 4 |
| *Société Française de Minéralogie (Bulletin de la)* | 12 |
| *Société Française de Photographie (Bulletin de la)* | 24 |
| *Société Française de Physique. Compte Rendu* | 24 |
| *Société Française de Physique (Séances de la)* | 4 |
| *Société Française des Ingénieurs Coloniaux (Bulletin de la)* | 4 |
| *Société Géologique de France (Bulletin de la)* | 6 |
| *Société Industrielle de l'Est (Bulletin de la)* | 4 |
| *Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin de la)* | 12 |
| *Société Industrielle de Mulhouse. Programme des Prix* | 1 |
| *Société Industrielle de Reims (Bulletin de la)* | 1 |
| *Société Industrielle de Reims. Informations et Renseignements Commerciaux.* | 12 |
| *Société Industrielle de Rouen (Bulletin de la)* | 6 |
| *Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin de la)* | 1 |
| *Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin de la)* | 4 |
| *Société Internationale des Électriciens (Bulletin de la)* | 12 |
| *Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin des Séances de la)* | 12 |
| *Société Nationale d'Agriculture de France. (Mémoires publiés par la). Séance Publique Annuelle* | 1 |
| *Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin de la)* | 4 |
| *Société Technique de l'Industrie du Gaz en France. Compte Rendu du Congrès* | 1 |
| *Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin de la)* | 2 |
| *Spelunca. Bulletins et Mémoires de la Société de Spéléologie* | 4 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Statistique Annuelle des Institutions d'Assistance* | 1 |
| *Statistique Annuelle du Mouvement de la Population* | 1 |
| *Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie* | 1 |
| *Statistique de la Navigation Intérieure* | 1 |
| *Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 1re Partie)* | 1 |
| *Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 2e Partie)* | 1 |
| *Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux)* | 1 |
| *Statistique des Grèves et des Recours à la Conciliation et à l'Arbitrage* | 1 |
| *Statistique des Houillères en France et en Belgique* | 1 |
| *Statistique Générale de la France* | 1 |
| *Sucrerie Indigène et Coloniale (La)* | 52 |
| *Syndicat des Entrepreneurs de Travaux Publics de France (Annales du)* | 24 |
| *Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de Paris. Bulletin* | 12 |
| *Syndicat Professionnel des Industries Électriques. Recueil Mensuel des Procès-Verbaux des Séances de la Chambre* | 12 |
| *Syndicats Professionnels, Industriels, Commerciaux et Agricoles (Annuaire des)* | 1 |
| *Tableau Général du Commerce et de la Navigation* | 1 |
| *I. Commerce (Commerce de la France avec ses Colonies et les Puissances Étrangères).* | |
| *II. Navigation (Navigation Internationale. Cabotage Français et Effectif de la Marine Marchande).* | |
| *Technique Sanitaire (La) Revue de l'Art de l'Ingénieur et de l'Hygiéniste Municipal* | 12 |
| *Technique Sanitaire (La) Revue de l'Art de l'Ingénieur et de l'Hygiéniste Municipal (Supplément)* | 24 |
| *Touring-Club de France (Revue Mensuelle du)* | 12 |
| *Tout-Paris. Annuaire de la Société Parisienne* | 1 |
| *Travaux Publics (Les). Revue Mensuelle Technique de l'Association des Personnels de Travaux Publics* | 12 |
| *ravaux Techniques des Officiers du Génie de l'Armée Belge (Recueil des) (Ixelles)* | ? |
| *une des Travaux Publics (La). Organe de l'Association des Personnels de Travaux Publics* | 18 |
| *nion des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain. Bulletin et Mémoires* | 4 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Université de Liège. Association des Élèves des Écoles Spéciales. Bulletin Scientifique* | 12 |
| *Université de Liège. Association des Élèves des Écoles Spéciales. Rapport Annuel* | 1 |
| *Université Libre de Bruxelles. Rapport sur l'Année Académique* | 1 |
| *Usines Électriques (Bulletin des). Organe du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité* | 24 |
| *Yacht (Le), Journal de la Marine* | 52 |
| *Yachting Gazette. Journal de la Navigation de Plaisance* | 52 |
| **EN ALLEMAND** | |
| *Akademie der Wissenschaften (Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen) (Wien)* | 6 |
| *Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin)* | 24 |
| *Architektur- und Ingenieurwesen (Zeitschrift für) (Hannover)* | 8 |
| *Baumaterialienkunde (Stuttgart)* | 24 |
| *Berg-Hütten-und Salinenwesen im preussischen Staate (Zeitschrift für das) (Berlin)* | 6 |
| *Dampfkessel-und Maschinenbetrieb (Zeitschrift für) (Berlin)* | 52 |
| *Elektrotechnik und Maschinenbau. Organ des Elektrotechnischen Vereines in Wien* | 52 |
| *Elektrische Kraftbetriebe-Bahnen. Zeitschrift für das gesamte Anwendungs u. gebiet Elektrischer Triebkraft (München)* | 36 |
| *Elektrotechnische Zeitschrift (Centralblatt für Elektrotechnik) Organ der Elektrotechnischen Vereins und der Verbandes Deutscher Elektrotechniker (Berlin)* | 52 |
| *Gesamte Turbinenwesen (Zeitschrift für das) (München)* | 36 |
| *Gesellschaft Ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnischen Schule in Zürich (Bulletin der)* | 1 |
| *Glückauf. Berg-und Huttenmännische Zeitschrift (Essen)* | 52 |
| *Maschinen-Konstrukteur (Der praktische) (Leipzig)* | 26 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Metallurgie. Zeitschrift für die gesamte Hüttenkunde (Halle)* | 24 |
| *Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift des) (Wien)* | 52 |
| *Österreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)* | 36 |
| *Österreichische Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen (Wien)* | 52 |
| *Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines (Zeitschrift des) (Wien)* | 52 |
| *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)* | 12 |
| *Repertorium der Technischen Journal-Literatur (Berlin)* | 1 |
| *Schweizerische Bauzeitung (Zürich)* | 52 |
| *Stahl und Eisen. Zeitschrift für das Deutsche Eisenhüttenwesen (Düsseldorf)* | 24 |
| *Turbine (Die) Zeitschrift für modernen Schnellbetrieb, für Dampfgas-Wind und Wasserturbinen (Berlin)* | 24 |
| *Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift des) (Berlin)* | 52 |
| *Vereines für die Förderung des Lokal-und Straszenbahnwesens (Mitteilungen des) (Wien)* | 12 |
| *Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)* | 4 |
| *Zentralblatt der Bauverwaltung (Berlin)* | 104 |
| **EN ANGLAIS** | |
| *American Academy of Arts and Sciences (Proceedings of the) (Boston)* | 24 |
| *American Engineer and Railroad Journal (New-York)* | 12 |
| *American Institute of Electrical Engineers (Transactions of the) (New-York)* | 12 |
| *American Institute of Mining Engineers (By-Monthly Bulletin of the) (Philadelphia)* | 6 |
| *American Institute of Mining Engineers (Transactions of the) (New-York)* | 1 |
| *American Society of Civil Engineers (Proceedings of the) (New-York)* | 12 |
| *American Society of Civil Engineers (Transactions of the) (New-York)* | 2 |
| *American Society of Mechanical Engineers (Transactions of the) (New-York)* | 1 |
| *American Society of Naval Engineers (Journal of the) (Washington)* | 4 |
| *Association of Engineering Societies (Journal of the) (Philadelphia)* | 12 |
| *Australasian Institute of Mining Engineers (Transactions of the) (Melbourne)* | 2 |
| *Autocar (The) (London)* | 52 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Automotor Journal (The) (London)* | 52 |
| *Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members* | 1 |
| *Boston Transit Commission (Annual Report of the) (Boston)* | 1 |
| *Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)* | 1 |
| *Canadian Institute (Proceedings of the) (Toronto)* | 2 |
| *Canadian Institute (Transactions of the) (Toronto)* | 2 |
| *Canadian Society of Civil Engineers (Transactions of the) (Montreal)* | 2 |
| *Cassier's Magazine (London)* | 12 |
| *Chinese Lighthouses (List of the) (China)* | 1 |
| *Civil Engineering (London)* | 12 |
| *Colliery Guardian (The). Journal of the Coal and Iron Trades (London)* | 52 |
| *Cornell University Register (The) (Ithaca)* | 1 |
| *Electrical Engineer (The) (London)* | 52 |
| *Electrical Review (New-York)* | 52 |
| *Electrochemical and Metallurgical Industry (New-York)* | 12 |
| *Engineer (The) London* | 52 |
| *Engineering (London)* | 52 |
| *Engineering and Mining Journal (The) (New-York)* | 52 |
| *Engineering Magazine (The) (New-York)* | 12 |
| *Engineering News (New-York)* | 52 |
| *Engineering Record (The) (New-York)* | 52 |
| *Engineering Review (The) (London)* | 12 |
| *Engineering Society of the School of Practical Science (Transactions of the) (Toronto)* | 1 |
| *Engineers' Club of Philadelphia (Proceedings of the) (Philadelphia)* | 4 |
| *Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)* | 12 |
| *Indian Engineering (Calcutta)* | 52 |
| *Institute of Marine Engineers (Annual Volume of Transactions of the) (London)* | 1 |
| *Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings of the) (London)* | 4 |
| *Institution of Civil Engineers. Private Press. (London)* | 24 |
| *Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)* | 6 |
| *Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions of the) (Glasgow)* | 1 |
| *Institution of Mechanical Engineers (Proceedings of the) (London)* | 4 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Institution of Mining and Metallurgy (Transactions of the) (London)* . . . . | 1 |
| *Institution of Naval Architects (Transactions of the) (London)* . . . . . . . | 1 |
| *Iron Age (The) (New-York)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Iron and Coal Trades Review (The) (London)* . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Iron and Steel Institute (Journal of the) (London)* . . . . . . . . . . . . . | 2 |
| *John Crerar Library (Annual Report of the) (Chicago)* . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Junior Institution of Engineers (The) (Record of Transactions) (London)* . . | 1 |
| *Mac Gill College and University (Annual Calendar of) (Montreal)* . . . . . . | 1 |
| *Manchester Steam User's Association (The) (Manchester)* . . . . . . . . . . | 1 |
| *Midland Institute of Mining, Civil and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Shieffield)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| *Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trades in the United States and other Countries (The) (New-York)* . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Motor Traction (London)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *National Physical Laboratory (Teddington, Middlesex)* . . . . . . . . . . . | 1 |
| *North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Transactions of the) (Newcastle-Upon-Tyne)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Newcastle-Upon-Tyne)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| *Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions of the) (Halifax. Nova Scotia)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages (Tokyo)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 |
| *Railway Age (The) (Chicago)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Railway Engineer (London)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Railway Gazette (London, New-York, Chicago)* . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Railway Machinery (New-York City)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Report of the Board of Rapid Transit Railroad Commissioners of the City of New-York* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Report on the Subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia (Halifax)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Revenue Report of the Government of Bengal, Public Works Department, Irrigation Branch (Calcutta)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Scientific American (New-York)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Shanghaï Society of Engineers and Architects. Proceedings (Shanghaï)* . . . | 1 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Smithsonian Institution (Annual Report of the Board of Regents of) (Washington)* | 1 |
| *Society of Arts (Journal of the) (London)* | 52 |
| *Society of Chemical Industry (Journal of the) (London)* | 24 |
| *Society of Engineers. Transactions. (London)* | 1 |
| *Street Railway Journal (The) (New-York)* | 52 |
| *United States Artillery (Journal of the) (Fort Monroë. Virginia)* | 6 |
| *United States Coast Geodetic Survey (Report of the Superintendent of the) (Washington)* | 1 |
| *United States Geological Survey (Annual Report of the) (Washington)* | 1 |
| *United States Naval Institute (Proceedings of the) (Annapolis)* | 4 |
| *Universal Directory of Railways Officials (The) (London)* | 1 |
| *University of the State of New-York (New-York State Museum. Annual Report of the Regents) (Albany)* | 1 |
| *University of the State of New-York. New-York State Museum. Bulletin (Albany)* | 12 |
| *War Department (Annual Reports of the) (Report of the Chief of Engineers) (Washington)* | 1 |
| *Western Society of Engineers (Journal of the) (Chicago)* | 6 |
| **EN BULGARE** | |
| *Sedmitchene Liste na Belgharskoto Injenierno Arkhitektno Droujestvo ve Sofiya* | 52 |
| *Spisanie na Belgharskoto Injeniérno Arkhitektno Droujestvo ve Sofiya* | 6 |
| **EN DANOIS** | |
| *Ingenioren (Kjobenhavn)* | 52 |
| **EN ESPAGNOL** | |
| *Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (Boletin de la Real) (Barcelona)* | 1 |
| *Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (Memorias de la Real) (Barcelona)* | 12 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| *Anales de la Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas (Mexico).* . . . | 4 |
| *Anuario de la Mineria, Metallurgia y Electricidad de España (Madrid)* . . . | 1 |
| *Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales de la) (México)* . . | 1 |
| *Boletin de la Secretaria de Fomento (México)* . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Boletin de Minas Industria y Construcciones (Lima)* . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Boletin del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Peru* . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Boletin Industrial. Organo Oficial de la Asociación de Ingenieros Industriales (Madrid)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Industria é Invenciones (Barcelbna)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Ingenieria (La) Organo Official del Centro Nacional de Ingenieros (Buenos-Aires)* | 24 |
| *Instituto de Ingenieros de Chile (Santiago)* . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Instituto Geológico de Mexico (Boletin del).* . . . . . . . . . . . . . . . | 2 |
| *Instituto Geológico de Mexico (Paregones del)* . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| *Junta de Obras del Puerto de Bilbao.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Museo Nacional de Montevideo (Anales del).* . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| *Observatorio Meteorológico Central de México (Boletin Mensual del)* . . . . . | 12 |
| *Revista de Obras Públicas (Madrid)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid).* . . . . . . . . . . | 48 |
| *Revista Tecnica (Buenos-Aires).* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 24 |
| *Revista Tecnológico Industrial. Publicación Mensual de la Asociación de Ingenieros Industriales. Agrupación de Barcelona* . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista de la) (México)* . | 6 |
| *Sociedad Cientifica Argentina (Anales de la) (Buenos-Aires)* . . . . . . . . | 12 |
| *Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta).* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Sociedad de Fomento Fabril (Boletin de la) (Santiago).* . . . . . . . . . . | 12 |
| **EN HOLLANDAIS** | |
| *Ingenieur (De) (Orgaan van het Kon. Instituut van Ingenieurs. — Van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs) (La Haye).* . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Verhandelingen) (La Haye).* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| **EN HONGROIS** | |
| *Magyar Mérnök-és Epitész-Egylet (A). (Heti Értesitöje) (Budapest)* . . . . . | 10 |
| *Magyar Mérnök-és Építész-Egylet (A). (Közlönye) (Budapest)* . . . . . . . | 12 |
| **EN ITALIEN** | |
| *Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti. (Roma)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 24 |
| *Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Rendiconto dell' Adunanza Solenne (Roma)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Associazione Elettrotecnica Italiana (Atti della) (Roma)*. . . . . . . . . | 6 |
| *Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore (Milano)* . . . . . . . . . | 1 |
| *Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna (Bollettino del)* . . . . | 4 |
| *Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Milano (Atti del)*. . . . . . . . . . | 2 |
| *Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del)*. . . . . . . | 2 |
| *Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti (Bollettino) (Firenze)* . . . . . | 2 |
| *Gazzetta Chimica Italiana (Roma)*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Giornale del Genio Civile (Roma)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Industria (L') (Milano)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| *Istituto d'Incoraggiamento (Atti del Reale) (Napoli)*. . . . . . . . . . . . | 1 |
| *Monitore Tecnico (Il) (Milano)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 36 |
| *Politecnico (Il) (Milano)* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Rassegna Mineraria della Industria Chemica e delle Industrie Mineralurgiche e Metallurgiche (Torino)*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 36 |
| *Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)* . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 |
| *Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Annuario*. . . . . . . . . | 1 |
| *Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Programmi d'Insegnamento*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | [illegible] |
| *Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)* . . . . . . . | [illegible] |
| *Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma)* . . . | [illegible] |
| *Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Bollettino della) (Roma)* . . | [illegible] |

Digitized by Google

| DÉSIGNATIONS DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| **EN NORVÉGIEN** | |
| *Teknisk Ugeblad (Kristiania)* | 52 |
| **EN POLONAIS** | |
| *Przeglad Techniczny (Warszawa)* | 52 |
| **EN PORTUGAIS** | |
| *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* | 1 |
| *Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario publicado pelo)* | 1 |
| *Observatorio do Rio de Janeiro (Boletim Mensal do)* | 12 |
| *Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civis Portuguezes) (Lisboa)* | 6 |
| *Rivista Militar (Rio de Janeiro)* | 10 |
| **EN RUSSE** | |
| *C iornyi Journale (Saint-Pétersbourg)* | 12 |
| *I iperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Zapiski) (Saint-Pétersbourg)* | 12 |
| *I jenière (Kièvs)* | 12 |
| *S braniya Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya (Izviéstiya) (Saint-Pétersbourg)* | 12 |

Digitized by Google

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS | NOMBRE DE NUMÉROS par an |
|---|---|
| **EN SUÉDOIS** | |
| *Teknisk-Tidskrift (Svenska Teknologföreningen) (Stockholm)* . . . . . . . . | 52 |
| **EN TCHÈQUE** | |
| *Spolku Architektův a Inženýrů v Království Českém (Zprávy) (Praze) (Architektonicky Obzor. — Technicky Obzor)* . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |

*Le Secrétaire Administratif, Gérant,*

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 1408-1-07 — (Encre Lorilleux).

Digitized by Google

# MÉMOIRES

ET

# COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

## SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

---

# BULLETIN

DE

FÉVRIER 1907

---

N° 2.

---

## OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de février 1907, la Société a reçu les ouvrages suivants :

### Agriculture.

Grantz. — *Kulturelle Bedeutung der Wasserwirtschaft und Entwicklung der Wasserwirtschaft in Preussen.* Rede zur Feier des Geburtstages Seiner Majestät des Kaisers und Konigs Wilhelm II in der Halle der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin am 26, Januar 1907, gehalten von dem zeitigen Rektor Grantz (in-8°, 220 × 190 de 19 p.). Berlin, Deuter und Nicolas. (Don de Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin.) 44768

### Astronomie et Météorologie.

*Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. N° 22. B. Art. 1-3* (in-8°, 255 × 180 de 49 p. avec fig. et pl.). Tokyio, 1906. 44749

### Chimie.

Fritsch (J.). — *Les huiles et graisses d'origine animale*, par J. Fritsch (in-8°, 225 × 140 de 407 p. avec 23 fig.). Paris, H. Desforges, 1907. (Don de l'éditeur.) 44723



Digitized by Google

### Construction des Machines.

*Annual Baudry de Saunier. Manuel général de l'Industrie automobile. 1907. Automobilisme. Nautique. Aéronautique* (in-8°, 230 × 145 de 944 p.). Paris, 20, rue Duret. 44762

*Association Alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Section Française. Exercice 1905. Trente-huitième année* (in-8°, 280 × 190 de 64 p.). Paris, Nancy, Berger-Levrault, 1906. 44719

Claus (A.) et Poinsard (P.). — *Le compteur d'eau. Étude pratique*, par Adolphe Claus et Paul Poinsard (in-8°, 255 × 165 de 140 p. avec 49 fig. et VII pl.). Paris, Ch. Béranger, 1906. (Don de M. P. Poinsard, M. de la S.) 44766

Hubert (H.). — *L'évolution de la construction des grands moteurs à gaz*, par Herman Hubert (Extrait des Publications du Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées. Section de Mécanique appliquée) (in-8°, 235 × 155 de 32 p. avec 12 fig.). Liége, Imprimerie H. Vaillant-Carmanne, 1906. (Don de l'auteur.) 44765

### Éclairage.

*Les fêtes de l'acétylène, 15 décembre 1906. Dixième anniversaire de la fondation de la Première Association d'Acétylénistes. Deuxième session du Comité international du Carbure et de l'Acétylène.* Compte rendu illustré édité par la Revue des Éclairages (in-4°, 275 × 220 de 20 p. avec photog.). Paris, Revue des Éclairages. (Don de l'éditeur.) 44760

Rosemberg (P.). — *Historique des Associations d'acétylène*, par Pierre Rosemberg. *1896-1906. Dixième anniversaire de la fondation de l'Union Française des Acétylénistes* (Bibliothèque de l'Office central de l'Acétylène) (in-8°, 215 × 135 de 19 p.). Paris et Étampes, Imprimerie La Semeuse. (Don de la Revue des Éclairages.) 44759

### Économie politique et sociale.

*Annuaire Chaix. Les principales Sociétés par actions. Compagnies de chemins de fer, Institutions de crédit, Banques, Sociétés minières, de transport, industrielles, Compagnies d'assurances, etc. Seizième année* (in-18, 180 × 120 de XIV-654 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1907. 44758

*Annuaire statistique. Vingt-cinquième volume, 1905* (République Française. Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 265 × 175 de XL-392-175 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. 44753

*Bulletin de la Société d'Économie politique (Suite des Annales). Année 1906* (in-8°, 255 × 165 de 234 p.). Paris, Siège de la Société. 44751

Digitized by Google

HABER (P.). — *Des dangers de l'interventionisme de l'État en matière ouvrière*, par Paul Haber (in-8°, 240 × 155 de 127 p.). Chartres, Edmond Garnier, 1906. (Don de l'auteur.) 44720

VIBERT (P.-T.). — *La concurrence étrangère. La Philosophie de la Colonisation. Les Questions brûlantes. Exemples d'hier et d'aujourd'hui*, par Paul-Théodore Vibert. Tome II (in-8°, 255 × 165 de 510 p.). Paris, Édouard Cornély, 1906. (Don de l'auteur.) 44742

**Électricité.**

GEIGER (G.). — *Manuel pratique d'Électricité médicale. Électrologie et Instrumentation. Rayons X et Courants de haute fréquence*, par G. Geiger (in-8°, 225 × 140 de 185 p. avec 67 fig.). Paris, H. Desforges, 1907. (Don de l'éditeur.) 44724

*Tables des matières contenues dans le neuvième volume (janvier à décembre 1906) du Bulletin mensuel publié par le Syndicat professionnel des Industries électriques* (in-8°, 245 × 155, pages 55 à 64 de l'Annuaire du Syndicat). 44740

**Législation.**

*Annuaire du Syndicat professionnel des Industries électriques pour l'année 1907 (Supplément au Bulletin n° 1 de janvier 1907)* (in-8°, 245 × 155 de 64 p.). Paris, 11, rue Saint-Lazare. 44739

*Bulletin de l'Association des Ingénieurs-Conseils en matière de Propriété industrielle. Tables générales des matières des volumes 1 à 5. 1884 à 1905* (in-8°, 255 × 165, pages 523 à 570 du 5e volume). Paris, Siège de l'Association, 1906. 44752

**Médecine, Hygiène, Sauvetage.**

JOLIBOIS (P.) et MOREAU (E.). — *Rapport, au nom de la délégation de la 6e Commission chargée d'étudier les divers procédés d'ozonation des eaux potables et sur les perfectionnements apportés aux procédés de filtration par le sable*, présenté par MM. Pierre Jolibois et E. Moreau (Conseil Municipal de Paris, 1906) (in-4°, 265 × 210 de 154 p. avec 47 fig.). Hôtel de Ville, Imprimerie municipale, 1906. (Don de M. P. Jolibois, M. de la S.) 44745

**Métallurgie et Mines.**

BEL (J.-M.). — *Loi minière du Japon. Loi n° 45 de la trente-huitième année du Meiji*, promulguée par ordre impérial du 7 mars 1905 (Extrait de « The Japan daily mail » 29 mars 1905). Traduction de M. J.-M. Bel (in-8°, 220 × 140, pages 1313 à 1332). (Don de l'auteur, M. de la S.) 44767

( LON (P.-F.). — *Les Richesses minérales de l'Algérie et de la Tunisie*, par Paul-F. Chalon (in-8°, 225 × 140 de 99 p. avec 1 carte). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44721

Digitized by Google

Iovanovitch (D.). — *Les Richesses minérales de la Serbie. I. Les gisements aurifères. Historique. Géologie. Minéralogie. Distribution de l'or dans les bassins du Pek, de la Mlava, de la Poriecka et du Timok*, par Douchan Iovanovitch (in-8°, 270 × 180 de 107 p. avec 56 fig. et 1 carte). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44744

**Navigation aérienne, intérieure et maritime.**

*Club aéronautique de l'Aube, Bulletin annuel, 1906* (in-8°, 210 × 135 de 24 p. avec 1 pl.). Troyes, Imprimerie Gustave Fremont, 1907. (Don de M. H. Joanneton, M. de la S.) 44746

*Report of the Superintendent of the Coast and Geodetic Survey showing the Progress of the Work from July 1, 1905, to June 30, 1906* (Department of Commerce and Labor) (in-8°, 295 × 225 de 230 p. avec 9 illust.). Washington, Government Printing Office, 1906. 44764

**Sciences mathématiques.**

Lévy (M$^{ce}$). — *La Statique graphique et ses applications aux constructions*, par M. Maurice Lévy. Troisième édition. *1$^{re}$ partie. Principes et applications de statique graphique pure* (in-8°, 225 × 165 de xxx-598 p. avec atlas même format de 25 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44747 et 44748

**Sciences morales. — Divers.**

Vibert (P.-T.). — *L'Allemagne tentaculaire. Les frasques apparentes de l'Empereur. Sa politique cachée. Après Algésiras. La résistance de l'Europe et le réveil de l'idée slave*, par Paul-Théodore Vibert (in-16, 185 × 120 de 158 p.). Foix, Imprimerie Gadrat aîné, 1906. (Don de l'auteur.) 44743

**Technologie générale.**

*Almanach Hachette. Petite Encyclopédie populaire de la vie pratique. Édition simple pour 1907* (in-16, 190 × 120 de 432-lxxxiv p.), Paris, Hachette et C$^{ie}$. 44755

*Annuaire pour l'an 1907 publié par le Bureau des Longitudes, avec des Notes scientifiques* (in-16, 150 × 90 de vi-682-a-8, b-20, c-146, d-45 p.). Paris, Gauthier-Villars. 44757

Chasseloup-Laubat (L. de). — *Rapport général sur les Congrès de l'Exposition*, par M. de Chasseloup-Laubat (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 810 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44722

*Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées. Liège, 1905* (14 brochures in-8°, 240 × 160) Liége, H. Vaillant-Carmanne, 1905. (Don de M. A. de Gennes, M. de la S.) 44725 à 44738

Digitized by Google

PICARD (A.). — *Exposition universelle internationale de 1900 à Paris. Le Bilan d'un siècle (1801-1900)*, par M. Alfred Picard. Tome quatrième. Mines et Métallurgie. Industries de la décoration et du mobilier. Chauffage et ventilation. Éclairage non électrique. Fils, tissus, vêtements (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail) (in-8°, 295 × 195 de 453 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44750

SUPLEE (H.-H.), CUNTZ (J.-H.) et GOING (CH.-B.). — *The Engineering Index. Vol. IV. Five Years, 1901-1905*. Edited by Henry Harrisson Suplee and J.-H. Cuntz, in co-operation with Charles Buxton Going (in-8°, 240 × 165 de 1234 p. à 2 col.). New York and London, The Engineering Magazine, 1906. (Don de M. H.-H. Suplee, M. de la S.) 44741

*Table générale des matières contenues dans les onze premières années de l'Almanach Hachette 1894-1904* (in-16, 190 × 120 de 32 p.). Paris, Hachette et Cie. 44756

*Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. Volume XLIX. Forty-ninth session 1905-1906* (in-8°, 220 × 140 de XXXII-556 p. avec XVIII pl.). Glasgow, Published by the Institution, 1906. 44763

**Travaux publics.**

*Annuaire du Ministère des Travaux Publics, des Postes et des Télégraphes. Service des Travaux publics. Année 1906* (in-8°, 235 × 135 de 10-2-844 p.). Paris, E. Bernard, 1906. 44754

*Comité de Conservation des Monuments de l'art arabe. Exercice 1905. Fascicule vingt-deuxième*. Procès-verbaux des séances. Rapport de la Section technique suivi d'un Appendice avec 7 pl., par M. Max Herz Bey (in-8°, 235 × 155 de III-163 p. avec 7 pl.). Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'Archéologie orientale, 1906. 44761

Digitized by Google

## MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de février 1907, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

| | | | |
|---|---|---|---|
| O. | Beigbeder, | présenté par MM. | Cornuault, Reumaux, Masson. |
| L. | Bickart, | — | Barré, Casevitz, Zivy. |
| M.-L. | Bloch, | — | Cornuault, Reumaux, Masson. |
| A. | Charbonneau, | — | Armengaud, Malaquin, Mardelet |
| L. | George, | — | Bouzanquet, Faure, Max. |
| J. | Gilbert, | — | Chagnaud, Houdry, Tribout. |
| P. | Gravier, | — | Baudry, Herdner, L. Rey. |
| F. E. | Gudin du Pavillon. | — | Cornuault, Reumaux, Masson. |
| F. | Guéry, | — | Gadot, Mazen, J. Petit. |
| V. | Guillerme, | — | Brillié, Janin, Vigreux. |
| E. | Lamy, | — | Buquet, E. Barbet, Calmettes. |
| H. | Lecomte, | — | Blouin, Ch. Bourdon, Boutté. |
| C. | Lemoine, | — | Cornuault, Baudoux-Chesnon, Reumaux |
| J. | Mathei, | — | Brocq, Frager, Jannettaz. |
| H. | Michel-Lévy, | — | Bodin, Bergeron, P. Besson. |
| L.-J. | Rousselet, | — | Joubert, Alasseur, L. Braun. |
| P. | Sarda, | — | Charignon, F. Dumas, Richou. |
| G. | Westercamp, | — | Bochet, J. A. Rey, Sautter. |
| V. | Youchkievitch, | — | Baclé, de Dax, Mallet. |

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

| | | | |
|---|---|---|---|
| C. | Blanchard, | présenté par MM. | Pontzen, J. Pillet, Vignes. |
| P. | Millet. | — | Cornuault, Bougault, A. Godillot. |
| P. | Morand, | — | Fischer, Ph. Morand, H. Morand. |

Comme Membres Associés, MM. :

| | | | |
|---|---|---|---|
| H. | Abraham, | présenté par MM. | Hillairet, Cornuault, Desroziers. |
| G. E. S. H. | Chamon, | — | Cornuault, Reumaux, Masson. |
| G. | Heeley, | — | Cornuault, Reumaux. Masson. |

Digitized by Google

# RÉSUMÉ

## DES

# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

## DU MOIS DE FÉVRIER 1907

---

## PROCÈS-VERBAL

### DE LA

## SÉANCE DU 1er FÉVRIER 1907

Présidence de M. E. Cornuault, Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

A. Gailleux, Membre de la Société depuis 1874, chef de Section au chemin de fer du Nord de l'Espagne;

A.-F. Levavasseur, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers (1867), Membre de la Société depuis 1898, Ingénieur mécanicien;

L. Litschfousse, ancien Élève de l'École Centrale (1856), Membre de la Société depuis 1861, chevalier de la Légion d'honneur, a été Directeur du chemin de fer de Marchena à Osuna et de la Compagnie Madrilène du gaz.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de profonde sympathie de la Société.

M. le Président prononce ensuite l'allocution suivante :

« Mes Chers Collègues,

» Je pense que je serai votre interprète à tous en exprimant en votre » nom aux familles des deux Ingénieurs civils morts récemment victimes du devoir professionnel, la part que nous prenons à leur douleur.

» Je veux parler des Ingénieurs Vaissières et Pelvey, le premier de » l'École des Mines de Saint-Étienne, le second de celle de Paris, aux » noms desquels j'associe celui du chef porion Laurent, morts à leur champ d'honneur spécial, dans le fatal accident — coup de grisou — des mines de Liévin que vous connaissez tous.

» A notre sentiment de douleur, laissez-moi vous dire, mes chers

Digitized by Google

» Collègues, que s'ajoute, d'autre part, un certain sentiment de fierté » pour les Ingénieurs civils français : trop souvent, à propos des acci- » dents qui n'échappent point à l'industrie houillère, certains intéressés » méconnaissent injustement les dangers que courent les chefs, les » dirigeants, les Ingénieurs..., les chefs seuls ont payé cette fois, et ils » sont morts précisément en se livrant, dans la mine elle-même, à des » recherches expérimentales qui avaient pour but de trouver les moyens » d'augmenter la sécurité de leurs ouvriers !

» La Société des Ingénieurs Civils de France a été représentée hier, » aux obsèques des victimes, par son Vice-Président, M. Reumaux, » président de la Société de l'Industrie Minérale.

» Un autre accident de mines qui par le nombre des victimes qu'il a » faites, cent cinquante environ, a pris les proportions d'une véritable » catastrophe, vient de porter la désolation chez nos Confrères Allemands, » dans le bassin de la Sarre, à la mine de Reden.

» Le Comité central des Houillères de France, représentant autorisé » de l'industrie houillère, s'est déjà fait l'interprète des mineurs fran- » çais auprès de leurs collègues de la Sarre, nous tenons à nous y asso- » cier de tout cœur.

» Il semble vraiment, mes chers Collègues, qu'une fatalité pèse depuis » quelque temps sur l'industrie des mines, et, après la catastrophe de » Courrières qui a ému, il y a un an, le monde entier, vient mainte- » nant celle de Reden, mine royale d'Allemagne, dirigée par les Ingé- » nieurs de l'Etat, qui passait et passe encore à juste titre, pour avoir » été dotée de toutes les mesures de sécurité qu'enseignent les progrès » de l'art de l'Ingénieur.

» Je vous demande, mes chers Collègues, d'adresser ici en votre nom » à la direction des mines de Reden l'expression de la sympathie pro- » fonde de la Société des Ingénieurs Civils de France, dans le grand » malheur qui les frappe, et de donner ainsi, pour sa part, un nouvel » exemple de solidarité industrielle et humaine. » *(Vifs applaudissements.)*

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Chevalier de la Légion d'honneur : M. B. Batanero de Montenegro;

Officiers de l'Instruction publique : MM. J.-J. Esquerré, H. Faucher, P.-R. Gandillot, G. Guerbigny, P.-A. Jolibois, H.-E. Lapipe, H.-A. Legénisel, A.-F.-F. Lemoine, Ch. Marboutin, H.-L.-D. Mariolle, Ch. Michel, P. Pierrel, F. Rabeuf, A. Sée;

Officiers d'Académie : MM. P.-J.-A. Besson, F. Caissial, P. Cartault, D. Casalonga, A. Labussière, J.-V.-L. Lagache, P.-E.-L. Machavoine, Ch. Marquet, L.-G. Mélin, J. Piat, E.-A. Picard Méry, Ph. Serre, J.-P. Tihon;

Officiers du Mérite agricole : MM. J. Holzschuch, J.-H.-Ch. Wittmann, X. Laprade;

Chevaliers du Mérite agricole : MM. L.-A. Belmère, E.-T. Cagniant, H.-Ch.-M. Hermann, C.-F. Ollivier, P.-A. Schuhler.

Chevalier de l'Ordre des Saints Maurice et Lazare : M. P. Boubée.

Digitized by Google

M. H. Bresson a obtenu, pour son ouvrage *La Houille Verte*, une médaille de vermeil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

M. le Président adresse à ces Collègues les vives félicitations de la Société.

M. le Président rappelle que les familles de nos regrettés Collègues F. Moreaux, d'une part, et E. Chevalier, d'autre part, ont fait respectivement don à la Société, la première, d'une somme de 40 000 f, la seconde, d'une somme de 4 000 f pour la fondation de Prix.

Ces fondations ont été portées à la connaissance de nos Collègues dans la séance du 7 décembre dernier.

Le Comité, dans sa séance de ce jour, a adopté le texte des Règlements de ces Prix, d'un commun accord avec les donateurs.

M. le Président fait donner lecture de ces Règlements :

## Règlement du Prix Félix Moreaux.

*(Adopté par les donateurs et par le Comité, le 1er février 1907.)*

*Extrait du testament.* — « Je lègue à la Société » des Ingénieurs Civils de France, une somme de » 40 000 f, dont les intérêts serviront à la fondation d'un prix quinquennal, qui sera décerné » au meilleur travail sur les constructions en fer. » Ce prix portera le nom de Félix-Moreaux. »

1° Le Prix Félix-Moreaux est décerné, tous les cinq ans, à l'auteur du meilleur mémoire sur les constructions en fer paru dans les Bulletins de la Société pendant les cinq années précédentes;

2° Ce Prix est représenté par une médaille d'or d'une valeur de 400 f environ et par une soulte en espèces;

3° Seront seuls admis au concours les mémoires remis par des Membres de la Société et parus dans les bulletins pendant les cinq années qui précèdent l'échéance du Prix Félix-Moreaux;

4° Ne seront pas exclus du concours les mémoires primés ainsi que les mémoires de tous les Membres du Bureau et du Comité, traitant un sujet de constructions en fer;

5° Le jury sera composé du Président, du Vice-Président, des six Présidents de Section et des Membres de la Section des travaux publics et privés;

6° Si l'un des jurés désire concourir, il devra faire connaitre son intention par écrit avant le 1er février de l'année du concours et se récuser;

7° Dans le cas où le Président ou le Vice-Président en exercice seraient empêchés, les Membres du Jury nommeront leur Président ou Vice-Président;

8° La décision du Jury pour le Prix Félix-Moreaux n'aura lieu qu'après le choix arrêté du mémoire auquel sera décerné le Prix annuel de la Société;

9° Le Prix sera décerné dans la deuxième séance de juin (1);

(1) Il sera décerné pour la première fois dans la deuxième séance de juin 1912.

Digitized by Google

10° Si le Prix n'est pas décerné ou ne l'est qu'en partie, le montant en sera reporté sur celui de la période suivante;

11° Si le Prix ainsi formé de la réunion de deux Prix n'est pas non plus décerné, le montant total en sera versé au Fonds de secours.

## Prix Émile Chevalier (triennal).

FONDATION H. CHEVALIER, A. CHEVALIER ET E. VALLOT.

*(Règlement adopté par les Donateurs et par le Comité, le 1er février 1907.)*

1° Le Prix E. Chevalier est décerné tous les trois ans au meilleur mémoire sur une question de chemins de fer présenté à la Société, ou à un ouvrage important sur le même sujet publié en librairie par un de ses Membres et dont un résumé aura fait de sa part l'objet d'une communication à la Société;

2° Le Prix, d'une valeur de 360 f environ, est représenté par une médaille de vermeil et une soulte en espèces;

3° Ne sont admis au concours que les mémoires ou ouvrages présentés par les Membres de la Société pendant la période triennale qui précède l'année où le Prix vient à échéance (1);

4° Le Jury se composera du Président, du Vice-Président, des six Présidents de Section et des Membres de la deuxième Section. Il se réunira dans le premier trimestre de l'année qui suivra la clôture du concours. Dans le cas où les Membres du Jury désireraient concourir, ils se récuseront;

5° Le Prix pourra être décerné à un mémoire déjà récompensé par la Société; il n'exclut pas non plus le lauréat des récompenses à décerner ultérieurement par la Société;

6° Dans le cas où aucun des mémoires inscrits ne serait jugé digne d'être récompensé, le Prix sera reporté à la période triennale suivante et décerné en même temps que celui afférent à cette nouvelle période. Le Jury sera juge de l'opportunité de décerner les deux Prix séparément ou de les réunir en un seul;

7° Dans le cas où le Prix reporté ne serait pas décerné, la valeur en serait versée au Fonds de secours;

8° Le concours sera clos au 31 décembre de chaque période et le Prix sera décerné dans la deuxième séance de juin de l'année suivante.

Après lecture de ces Règlements, et sur la proposition de M. le Président, l'Assemblée vote des remerciements aux Donateurs de prix.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des plus prochains Bulletins.

L'ordre du jour appelle la discussion de la communication de M. Birault, sur *la ventilation des tunnels de chemins de fer et des métropolitains souterrains*.

(1) *Disposition transitoire*. — Toutefois, pour la première attribution du Prix, en 1910, la période de concours partira du 1er janvier 1904.

Digitized by Google

M. Georges Marié désire poser une question à M. Birault, au sujet de sa communication très intéressante et très documentée.

M. Birault a montré que le degré d'impureté de l'air qu'on respire dans le Métropolitain pouvait se mesurer, à peu près, par sa teneur en acide carbonique; il a donné des chiffres nombreux relatifs à l'atmosphère du tunnel. M. Birault pourrait-il donner de suite des chiffres relatifs à l'air que les voyageurs respirent dans les voitures elles-mêmes?

M. C. Birault répond que l'on trouve beaucoup plus d'acide carbonique dans les voitures que dans les tunnels, ainsi que cela résulte des expériences faites par MM. A. Lévy et Pécoul, sur l'air prélevé à l'intérieur des voitures.

MM. Albert Lévy et Pécoul ont observé, le 6 février 1902, sur la ligne n° 1 (Porte de Vincennes-Porte Maillot), les chiffres suivants : à la Porte Maillot (départ), 97 l d'acide carbonique ; à la station de l'Étoile, 150 l. La proportion baisse ensuite en suivant la même loi qu'à l'intérieur des tunnels. A Vincennes, elle était de 107 l.

Dans d'autres analyses, faites également au début de l'exploitation, dans une voiture de deuxième classe, M. Albert Lévy a recueilli, à 2 heures du soir, 168 l et à 4 heures du soir, 102 l. Des expériences ultérieures ont permis de constater l'amélioration de la ventilation à la suite de la mise en service du nouveau matériel roulant.

M. Pécoul donne quelques détails au sujet des analyses faites dans les voitures. Dans les expériences comparatives entre les anciennes et les nouvelles voitures, on a constaté les bons effets de la disposition nouvelle des plafonds, permettant à l'air vicié de s'échapper, tandis que l'air du tunnel pénètre par des vasistas latéraux.

En marche, la composition de l'atmosphère de ces nouvelles voitures est sensiblement la même que celle du tunnel ; mais lorqu'un train est arrêté au milieu du tunnel, la teneur en acide carbonique monte énormément.

M. le Président fait observer quelle importance présente pour la population parisienne la question de la ventilation du Métropolitain, dans lequel elle séjourne souvent pendant une fraction appréciable de la journée.

En ce qui concerne les tunnels, ainsi que l'a rappelé parfaitement M. Birault, on s'était au début contenté de la ventilation naturelle ; en somme, on avait compté sur les bons effets de la ventilation naturelle pour renouveler l'air à l'intérieur des souterrains. Mais l'expérience a montré la nécessité de la ventilation mécanique, mise successivement en pratique au tunnel du Saint-Gothard et à celui du Mont Cenis et installée au tunnel du Simplon dès l'ouverture de l'exploitation. L'essai fait dans [les] tunnels précédents était suffisamment concluant pour qu'on ne [pu]isse pas compter sur la seule la ventilation naturelle dans le Métro[po]litain.

Les deux défauts dont souffrent le plus les voyageurs sont, en dehors [de] la température, la viciation de l'atmosphère par appauvrissement en [ox]ygène et enrichissement en acide carbonique, et celle due aux pous[siè]res métalliques et siliceuses en suspension, poussières métalliques

Digitized by Google

produites par l'usure des rails, poussières siliceuses provenant du ballast.

Peut-on agir sur ces deux points? Il semble que ce n'est pas impossible. Sur le premier point la Compagnie du Métropolitain l'a si bien compris qu'elle a fait l'application d'un certain nombre de ventilateurs et compte les augmenter.

En ce qui concerne les poussières, elles sont nuisibles partout. On pourrait chercher à les combattre, comme on le fait dans les mines et sur les routes, par l'arrosage et par le goudronnage. C'est ce qu'a indiqué M. Birault, en parlant des études de M. Thierry, en vue de supprimer le ballast et d'adopter un radier asphalté.

Enfin, en ce qui concerne la viciation de l'atmosphère, on peut procéder, soit par refoulement d'air pur, soit au contraire, comme en Angleterre, par exemple, par aspiration de l'air vicié.

M. le Président espère que M. Birault pourra ultérieurement donner des explications complémentaires à ce sujet.

M. Couriot fait observer que la question de la ventilation se lie intimement à la question de la sécurité. Si l'on considère un incendie venant à se déclarer dans le Métropolitain, il faut éviter que les entrées des stations, qui deviennent des voies de dégagement et des issues pour les voyageurs en cas de danger, soient des points par lesquels sortiraient les flammes et les fumées; il faut enfin en écarter tout ce qui peut servir d'aliment au feu : il est donc indispensable que la ventilation du Métropolitain soit faite, non pas par refoulement, mais par aspiration dans les stations.

M. Birault a cité plusieurs applications de ce mode de ventilation adoptées à l'étranger; il convient d'y recourir également en France.

M. Couriot fait observer qu'un tel mode de circulation de l'air correspond à celui qui est universellement adopté dans les mines, où l'on a un puits spécial pour la sortie de l'air, puits où s'effectue l'appel de l'air en vertu de la dépression produite par le ventilateur.

En recourant à cette solution dans le Métropolitain de Paris et en installant des puits de retour d'air entre les stations, celles-ci seront alimentées par de l'air frais et non vicié, et les voyageurs stationneront dans des entrées d'air pur, ne se trouvant pas traversées par l'air ayant séjourné dans les souterrains. Enfin on peut de la sorte faire varier le volume d'air aspiré en proportions aussi grandes qu'on le voudra pour chacune des stations, tout en ayant soin de faire sortir l'air vicié entre les stations, à une hauteur suffisante pour ne pas incommoder les passants et les riverains.

M. Couriot ajoute que la ventilation naturelle présente encore le grave inconvénient de se renverser avec les saisons, de sorte qu'au printemps et à l'automne elle devient nulle. Ce régime instable ne saurait être admis et, par suite, la ventilation mécanique s'impose; dans ces conditions, la seule solution paraissant compatible avec la sécurité est justement l'installation de ventilateurs nombreux aspirant entre chacune des stations, celles-ci servant aux entrées d'air.

M. Georges Marié partage absolument la manière de voir de M. le Président Couriot, relativement au système de ventilation mécanique

Digitized by Google

le plus rationnel, manière de voir du reste conforme à celle de M. Birault. L'air vicié doit être retiré par aspiration, vers le milieu de chacun des tunnels où l'on estimera que la ventilation mécanique est nécessaire; cette aspiration de l'air doit se faire, de préférence, au moyen de ventilateurs mus par l'électricité. Mais, dans des cas particuliers, où l'on trouverait que les ventilateurs tiennent trop de place, ne pourrait-on pas employer des éjecteurs à air comprimé, cet air comprimé étant envoyé à distance?

M. Marié demande à M. Birault si ce système, moins avantageux, mais aussi moins encombrant que les ventilateurs, n'a jamais été employé pour des tunnels de Métropolitains, dans des cas spéciaux.

M. C. Birault répond qu'il n'a point été employé d'éjecteurs, à sa connaissance, pour la ventilation des tunnels, mais qu'il est ordinairement facile d'installer de petits ventilateurs électriques à la base du puits d'aération, de dimensions réduites, surmontés de kiosques permettant l'évacuation de l'air vicié à une hauteur suffisante au-dessus du niveau des voies publiques. Plus les points sont nombreux, moins on a d'air vicié à évacuer par chacun d'eux et on peut arriver ainsi à éviter la construction de cheminées élevées et à se contenter de simples kiosques d'aérage. On trouve à Paris même un exemple de petites installations de ce genre.

Le ventilateur installé dans la station du Luxembourg aspire l'air vicié par une galerie d'aération communiquant de distance en distance avec le souterrain de la station, et l'air pur pénètre par les puits d'aération disposés en quinconce par rapport aux prises d'air vicié de la galerie d'aérage.

Il en résulte que dans la partie souterraine de la ligne, qui s'étend jusqu'à la station aérienne de Port-Royal, l'aspiration du ventilateur du Luxembourg détermine un courant d'air général de Port-Royal vers le Luxembourg.

On a voulu éviter que des fumées ne soient accidentellement entraînées jusqu'aux quais de la station, et c'est dans ce but que les installations primitives ont été complétées en disposant des ventilateurs électriques à la base des puits d'aération des deux kiosques qui précèdent la station du Luxembourg (côté Port-Royal). Ces ventilateurs aspirent l'air vicié et les fumées qui pourraient arriver jusque-là, et les rejettent directement au dehors par les kiosques d'aérage.

M. H. Couriot fait observer que les éjecteurs sont employés parfois dans les mines comme appareils auxiliaires ou de secours, mais que leur rendement, combiné avec celui de l'air comprimé, très bas lui-même, serait tout à fait défectueux; en agissant au moyen de ventilateurs mus par des moteurs électriques, le rendement est bien supérieur.

M. C. Birault rappelle que l'on trouvera au Bulletin de notre Société des renseignements sur la ventilation des tunnels du *Great Northern, Piccadilly and Brompton Railway*, à Londres. C'est la dernière ligne de tubes ouverte à l'exploitation (15 décembre 1906). Et nous voyons que l'aération en est assurée par dix-neuf ventilateurs électriques aspirants échelonnés le long de la partie souterraine de la ligne.

Digitized by Google

L'article dans lequel ces installations sont mentionnées n'indique pas d'une façon précise l'emplacement des ventilateurs, mais il semble qu'il s'agit de ventilateurs installés entre les stations. Dans tous les cas, c'est bien là un exemple de ventilation mécanique par aspiration, au moyen de petites installations, nombreuses et rapprochées.

M. le Président remercie les personnes qui ont bien voulu prendre part à la discussion, M. Pécoul, M. Marié et M. le Professeur Couriot, qui a apporté les conseils de son expérience dans l'industrie des mines.

M. Léon Guillet a la parole pour sa communication du compte rendu du *Congrès international de l'unification des méthodes d'essais des matériaux, tenu à Bruxelles en 1906* (avec projections).

M. Guillet rappelle d'abord ce qu'est l'Association Internationale des Méthodes d'Essais, et le rôle important que joua le regretté professeur Tetmayer dans sa création.

Passant ensuite au compte rendu de la Section des Métaux, M. Guillet examine d'abord l'*essai au choc sur barreaux entaillés;* il rappelle en quelques mots le principe de la méthode et des trois principaux appareils utilisés : le mouton Frémont, le pendule Charpy, le volant Guillery; il donne les divers types d'entailles et leur influence. Le résumé des principaux mémoires présentés au Congrès par M. Sauvage, par M. Mesnager, par M. Charpy, etc., montre l'intérêt actuel de la question. Le Congrès a, d'ailleurs, constaté que la méthode des barreaux entaillés parait donner des résultats intéressants, mais n'a pas voulu en demander l'introduction dans les cahiers des charges.

La *méthode de la bille de Brinell* a fait l'objet d'une longue discussion; des mémoires présentés, il semble que le coefficient qui relie la charge de rupture et le chiffre de dureté défini par l'essai de Brinell est le même, du moins pour toute une catégorie d'aciers au carbone. On demande que les essais par cette méthode soient faits aussi nombreux que possible, afin de voir si l'on peut bien substituer à l'essai de traction la méthode si simple de Brinell.

Passant ensuite rapidement sur les mémoires ayant trait à la macrographie, M. Guillet insiste sur l'important rapport de M. Osmond sur la micrographie; dans cette étude, notre savant compatriote a montré les rapides progrès de cette méthode, devenue une véritable science; il y passe en revue les recherches si nombreuses faites depuis le dernier Congrès.

Différentes méthodes d'essais ont fait l'objet d'intéressants mémoires; à citer spécialement l'étude de notre Collègue M. Baclé sur le poinçonnage, la méthode de M. Fraichet pour l'essai à la traction.

L'importante question des aciers spéciaux a été traitée dans trois rapports : l'un de M. Wedding, sur les aciers au nickel; l'autre de M. Dumas, montrant plus spécialement l'importance des différentes formes allotropiques du fer; enfin, le troisième de M. Guillet, donnant un bref résumé des conclusions auxquelles l'ont conduit ses travaux et insistant tout spécialement sur la voie à suivre dans de nouvelles recherches industrielles.

Le problème si important de la soudure des métaux a fait l'objet d'un

Digitized by Google

court rapport de M. Reinhold qui demande la suppression de la Commission chargée d'étudier la question. M. Breuil présente sur le même sujet un travail fort intéressant, dans lequel il montre l'intérêt de l'essai à la torsion.

La Commission 22, chargée de l'unification des méthodes d'essais, a présenté un long rapport, dans lequel elle résume les conditions qu'elle préconise. Il ne s'y trouve aucun point nouveau à signaler.

Parmi les autres rapports, M. Guillet attire l'attention sur le remarquable travail de M. Charpy, lequel a paru d'ailleurs, récemment, dans le Bulletin. Il y est démontré d'une façon très nette que certains aciers spéciaux permettent d'éviter les variations de la fragilité avec les températures.

Enfin, des communications de M. Tschernoff et de M. Baykoff ont montré que le cristal de fer historique du professeur Tschernoff n'était pas formé de fer pur, mais bien principalement d'acier dur.

Après avoir rappelé les brillantes excursions qui eurent lieu pendant le Congrès et la séance de clôture à laquelle M. Le Chatelier fit sur l'utilisation de la métallographie, une conférence qui a eu un retentissement considérable, M. Guillet donne la description du laboratoire d'essais qui a fonctionné pendant le Congrès ; il rappelle sommairement les appareils et les méthodes utilisés, ainsi que les résultats obtenus, lesquels ont particulièrement retenu l'attention des congressistes.

En terminant, il remercie le Comité de l'honneur qu'il a bien voulu lui faire, en le chargeant de représenter dans cette solennité la Société des Ingénieurs Civils.

M. le Président remercie M. Guillet de son intéressante communication et le félicite d'avoir été nommé, à Bruxelles, Directeur du Laboratoire d'essais du Congrès, nomination aussi flatteuse pour la Société que pour le conférencier.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. L. Rousselet, L. Bickart, L. George, E. Lamy, H. Lecomte, Ch. Lemoine, J. Mathei, H. Michel-Lévy, G. Westercamp, O. Beigbeder, M.-L. Bloch, F.-E. Gudin du Pavillon, comme Membres Sociétaires Titulaires ;

De M. P. Morand, comme Membre Sociétaire Assistant et ;

De MM. E.-G. S.-H. Chamon et G. Heeley, comme Membres Associés.

MM. A. Charbonneau, J. Gilbert, P. Gravier, F. Guery, V. Guillerme, P. Sarda, V. Youchkietvitch sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires ;

MM. G. Blanchard et P. Millet comme Membres Sociétaires Assistants et ;

M. H. Abraham, comme Membre Associé.

**La séance est levée à dix heures trente.**

*L'un des Secrétaires techniques,*

G. Bousquet.

Digitized by Google

# PROCÈS-VERBAL

DE LA

## SÉANCE DU 15 FÉVRIER 1907

Présidence de M. E. Cornuault, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de :

MM. L. Serpollet, Membre de la Société depuis 1896, Chevalier de la Légion d'honneur, Constructeur Mécanicien.

Serpollet était fils de ses œuvres. Son nom restera attaché au système de chaudière à tubes à plats et à petits éléments, dont il fut le créateur, et beaucoup de Collègues se rappelleront qu'en 1889, lors de la réception des Ingénieurs étrangers par la Société des Ingénieurs Civils de France, dans son immeuble, cité Rougemont, Serpollet nous avait donné la primeur de son invention en installant un petit générateur de vapeur avec machine, qui actionnait une dynamo. Indépendamment des nombreuses applications de son système à la traction des tramways, locomotrices et autres véhicules importants, Serpollet s'était, surtout dans ces dernières années, spécialisé dans la question des automobiles à vapeur. Alors que tous les Constructeurs se tournaient vers le pétrole et l'électricité, il était demeuré le champion irréductible de la vapeur, et avait appliqué son système de générateur, avec un réel succès, à l'automobilisme. Quelques-uns des records de vitesse ou d'endurance, qu'il établit lui-même, sont demeurés fameux.

M. A. Faiveley, Membre de la Société depuis 1906, Ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers de Châlons (1876), Ingénieur en chef des Services techniques de la Compagnie du Métropolitain de Paris.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues les sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président est heureux de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officiers de l'Instruction publique : MM. F.-F.-V. Gueldry, P. Bordé, H.-L. Sauvinet;

Officiers d'Académie : MM. G. Garvin, Ch. Haller, Paul L'Huillier;

Chevalier du Mérite Agricole : M. A. Bloche;

Chevalier de Léopold : M. Duvignaud.

M. Ed. Michaud a été nommé Vice-Président de la Chambre de Commerce de Paris et M. Alasseur Membre de cette dernière.

Digitized by Google

MM. E. Reumaux, Boudenoot et Gruner ont été nommés, pour quatre ans, Membres du Conseil de Perfectionnement de l'École Nationale supérieure des Mines.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un de nos prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître qu'une Exposition Maritime Internationale aura lieu, à Bordeaux, de mai à novembre 1907.

Divers documents relatifs à cette Exposition sont déposés à la Bibliothèque.

M. Ch. Lambert a la parole pour sa communication sur *les Applications du froid industriel. Essai de théorie du régime intérieur des chambres frigorifiques.*

M. Ch. Lambert résume tout d'abord les communications précédentes faites sur ce même sujet à la Société, en particulier celles de M. de Marchena sur les machines frigorifiques à air et sur les machines frigorifiques à gaz liquéfiables, puis il indique l'immense progrès scientifique résultant de la liquéfaction des gaz permanents, de la séparation des gaz jusqu'alors connus dans l'atmosphère, le crypton, l'argon, etc., et les théories modernes qui s'en sont suivies relatives à la constitution et aux propriétés générales de la matière; il rappelle la communication de M. Pictet, les expériences si ingénieuses de M. d'Arsonval, de M. Claude et la communication très complète de ce dernier sur la fabrication de l'air liquide, suivie de la visite démonstrative à l'usine de Boulogne-sur-Seine. Il donne ensuite les conclusions du travail paru sur ce sujet, lors de la publication de l'ouvrage du Cinquantenaire où se trouvait résumé l'état des diverses industries à cette époque (1898).

Il résulte, des chiffres nouveaux communiqués sur le commerce mondial des denrées alimentaires conservées par le froid, et sur la diversité de plus en plus grande des applications du froid industriel :

Que les conclusions cependant très optimistes de ce chapitre de l'ouvrage du Cinquantenaire ont été largement dépassées.

Après avoir refait une classification méthodique des différents systèmes de machines frigorifiques puis du groupement caractéristique des divers organes employés dans chacun des systèmes préconisés par les constructeurs, il examine quelles sont les nouveautés que l'on peut enregistrer depuis dix ans dans ce domaine ou celles qui apparaissent dès maintenant comme d'un emploi probable à bref délai.

Il paraît résulter des statistiques que l'emploi des gaz liquéfiables à ute pression s'impose de plus en plus dans les machines frigorifiques que les querelles académiques sur le rendement des différents sys-mes n'ont qu'un intérêt bien relatif, puisque l'on arrive à peu près rtout maintenant, et avec tous les systèmes, à obtenir un rendement 3 300 à 3 900 frigories par cheval-heure indiqué.

'emploi des mélanges réfrigérants reste limité à la production de s petites quantités de glace; par contre, un système presque aban-

donné, celui de la production de la glace par le vide, parait devoir prendre un très important développement par l'emploi d'injecteurs à vapeur avec lesquels on pourra constituer des machines frigorifiques extrêmement simples.

M. Lambert fait appel aux électriciens pour arriver à établir un appareil direct de production du froid par l'électricité, en utilisant la réaction thermo-électrique bien connue, non pas que l'on en puisse espérer un rendement remarquable, mais peut-être une telle simplicité de fonctionnement qui en rendrait l'emploi possible dans les pays où la force motrice est à bon marché.

Passant ensuite aux applications générales de l'industrie du froid, l'auteur essaye de grouper celles-ci d'une façon méthodique pour rapprocher toutes les applications qui dérivent d'un même principe théorique.

A cet effet, il présente la classification suivante :

1° Congélation de l'eau ;

2° Production et maintien d'une température et d'un degré hygrométrique déterminés dans des locaux fermés ;

3° Régularisation directe des fermentations vives ou lentes par l'obtention d'une température déterminée dans toute la masse de corps liquides ou solides ;

4° Utilisation des effets physiques du froid ;

5° Séparation ou dissociation physique de certains mélanges de liquides à points de congélation différents ;

6° Dessiccation de l'air ou du gaz par liquéfaction à froid de la vapeur d'eau ;

7° Étude et reproduction constante de certains phénomènes physiques, chimiques ou biologiques spéciaux aux basses températures.

Chacune de ces classes comprend de nombreuses divisions, plusieurs d'entre elles sont entièrement nouvelles et ont fait l'objet d'une rapide description.

Il parle de l'application des machines frigorifiques aux ateliers des batteurs d'or, des fabrications des objets en corrozo, puis enfin et d'une manière plus complète, de la question si sérieuse et si angoissante du refroidissement des soutes à munitions, et dépôts d'explosifs.

Les divers systèmes essayés successivement depuis dix ans dans toutes les flottes de guerre des différentes puissances sont examinés, et le conférencier décrit l'installation toute récente faite sous sa direction technique, pour le cuirassé *Hivinetz*, de la marine impériale russe.

Quelques chiffres intéressants relatifs à la dessiccation frigorifique de l'air des souffleries des hauts fourneaux sont fournis, et il examine aussi les données actuelles d'une industrie bien curieuse et toute nouvelle qu'est l'application du froid en horticulture, tant pour la production des fleurs et des fruits en toutes saisons et à toutes époques que pour la conservation proprement dite des fleurs, fruits, graines et bulbes de plantes.

La question de *conservation des denrées alimentaires*, qui est certainement l'application la plus importante actuellement des machines et des chambres frigorifiques, est exposée, tant dans ses chiffres du commerce

Digitized by Google

général des denrées périssables que dans l'importance des capitaux engagés; le conférencier montre qu'une véritable révolution économique s'opère actuellement dans les échanges de denrées alimentaires, grâce à l'application des procédés et appareils frigorifiques.

M. Lambert dit qu'il a recherché quelles étaient les causes de l'infériorité de la France à ce sujet, et il cite comme l'une des principales, le manque de praticiens en France sachant bien conduire l'exploitation journalière des entrepôts et machines frigorifiques, dont la technique est assez délicate.

A ce propos, il est amené à *exposer un essai sur la théorie du régime des chambres frigorifiques*.

Après avoir rappelé succinctement que les ouvrages et publications sur la question se contentaient de donner pour chaque denrée l'indication d'une température et d'un degré hygrométrique déterminés qu'il fallait réaliser, il entreprend de prouver qu'il y a là une source d'erreur constante et la cause de bien des échecs coûteux.

Il démontre qu'il y a au moins trois températures caractéristiques à réaliser pour chaque denrée lorsque l'on tient compte des circonstances commerciales habituelles propres à cette denrée pour sa conservation ou son transport.

Finalement il est amené à rechercher si l'on ne pourrait pas déterminer quelles sont les conditions de température et d'hygrométrie qu'il faut réaliser pour la bonne conservation des produits, au lieu de s'en rapporter à des renseignements pratiques, à de véritables recettes expérimentales plus ou moins sérieuses.

Reprenant alors la question, il démontre que l'hypothèse courante suivant laquelle l'effet du froid sur la matière organique aurait pour résultat le stoppage ou un arrêt des fermentations constitue une erreur évidente.

Examinant ce qui se passe dans l'intérieur d'une chambre frigorifique il montre qu'il ne faut pas seulement tenir compte de la température et de l'hygrométrie, mais de beaucoup d'autres causes concomitantes, et qu'en réalité, dans l'état présent de nos connaissances, il y a au moins dix éléments essentiels pouvant modifier les termes du problème; tels par exemple que les causes de contamination de l'air, les effets de la lumière, de l'oxygène de l'air, de l'état électrique de l'atmosphère, des radiations invisibles à forte activité chimique, des réactions très importantes, chimiques, physiques, et microbiologiques, qui se produisent au sein des substances à basse température contrairement aux idées reçues, enfin la désintégration ou les effets électrolytiques dont la connaissance s'étend de jour en jour et dont il faut aussi tenir grand compte.

Comme conclusion à son étude et à sa nouvelle théorie, M. Lambert montre l'application que l'on en peut faire à la conservation de la viande et à la conservation des pommes de terre, en démontrant dans chaque cas quelles raisons chimiques, physiques et microbiologiques *imposent et fixent* la température et le degré hygrométrique que l'on avait obtenu empiriquement.

En terminant, M. Lambert dit que cette nouvelle théorie permet de relier les phénomènes étudiés à tous ceux que l'on connait déjà, qu'ils

Digitized by Google

s'effectuent aux plus hautes comme aux plus basses températures et il croit que c'est cette continuité même qui peut rendre sa théorie acceptable.

M. le Président remercie M. Lambert de son intéressante communication qui montre l'étendue du domaine réservé aux applications industrielles du froid, et qui pourrait être utilement discutée dans une séance ultérieure.

Vu l'heure avancée, la communication de M. Georgeot sur la *Fabrication mécanique des tôles galvanisées* est, d'accord avec son auteur, reportée à la séance du 1er mars. Dans cette séance, aura également lieu une discussion sur *l'Électro-sidérurgie.*

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A. Biosse-Duplan, S. Catzoulidis, M. E. Charvaut, P. Dalimier, G.-F. Espagne, Ch.-R. King, H. Labourdette, B. Navarre, Ch.-A.-L. Rolland d'Estape, J. Semichon, comme Membres Sociétaires Titulaires;

De MM. A. Colomb et A. Jacobson, comme Membres Sociétaires Assistants et de

M. H. Essig comme Membre Associé.

MM. L. Rousselet, L. Bickart, L. George, E. Lamy, H. Lecomte, Ch. Lemoine, J. Mathei, H. Michel-Lévy, G. Westercamp, O. Beigbeder, M.-L. Bloch, F.-E. Gudin du Pavillon sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires;

M. P. Morand, comme Membre Sociétaire Assistant, et

MM. E.-G.-S.-H. Chamon et G. Heeley, comme Membres Associés.

**La séance est levée à dix heures et demie.**

*L'un des Secrétaires techniques :*
F. Clerc.

Digitized by Google

# ESSAI D'UNE THÉORIE

DE LA

# FLEXION DES POUTRES DROITES EN BÉTON ARMÉ

PAR

M. F. CHAUDY

---

On sait que les poutres en béton armé fléchissent beaucoup moins, sous les mêmes charges, que les poutres entièrement métalliques de même hauteur et de même résistance. Les nombreux essais faits à ce sujet ont montré que la flèche n'atteint, le plus souvent, que le 2 ou le 3 millième de la portée, alors que, pour une poutre entièrement métallique, la flèche est généralement égale au millième environ de la portée.

Il était intéressant de rechercher les causes de cette raideur des poutres en béton armé, afin d'en tirer une formule qui permît la détermination théorique de la flèche. Les explications suivantes vont mettre ces causes en évidence.

On admet que les poutres entièrement métalliques fléchissent suivant la loi de l'indéformation des sections planes transversales et de la *conservation de la hauteur* de ces sections. On va voir qu'il convient, pour les poutres en béton armé, d'admettre que la flexion se produit en deux phases : une première phase soumise à la loi de l'indéformation des sections planes transversales et une deuxième phase comportant l'augmentation de la hauteur de ces sections, c'est-à-dire le *renflement* de la poutre.

J'ai soutenu antérieurement (1) qu'une poutre en béton armé était assimilable à une poutre métallique à treillis en N où les barres inclinées seraient comprimées et les barres verticales ıdues. Dans la poutre en béton armé, les barres inclinées nprimées sont remplacées par le béton dont l'adhérence aux mbrures en fer rond joue le même rôle que les rivets ttache.

Voir Bulletin d'Octobre 1899.

Digitized by Google

Cette thèse conduit à composer l'armature d'une poutre en béton armé de deux membrures métalliques semblables réunies entre elles par des étriers verticaux répartis d'après la valeur de l'effort tranchant.

Le béton doit avoir une composition qui lui permette de résister aux efforts de compression produits dans les barres inclinées qu'il représente et aux efforts de glissement le long des deux membrures métalliques. Il n'est donc pas nécessaire, le plus souvent, de donner au béton une grande teneur en ciment, comme celle qu'il faudrait lui donner si on voulait lui faire jouer aussi le rôle de membrure comprimée.

Cependant, quoique la membrure comprimée soit, en général, une membrure métallique comme la membrure tendue, il est évident que cette membrure comprimée peut être remplacée par une membrure en béton, mais il convient alors de donner à ce dernier une teneur en ciment qui lui permette de résister à un effort assez élevé. Il convient, en effet, que le déplacement élastique $i_b$ du béton, pour un travail $R_b$ dans la membrure, soit égal au déplacement élastique $i_a$ du fer dont le travail est $R_a$. Or, si les coefficients d'élasticité respectifs du fer et du béton sont représentés par $E_a$ et $E_b$, on a :

$$R_a = E_a\, i_a$$
$$R_b = E_b\, i_b$$

d'où, en faisant $i_a = i_b$, on tire :

$$R_b = R_a \times \frac{E_b}{E_a}.$$

Pour un rapport $\frac{E_a}{E_b}$ égal à 15, on voit que si $R_a = 9$ kg par millimètre carré, il faut que le béton puisse résister, dans la membrure comprimée, à $\frac{900}{15} = 60$ kg par centimètre carré.

Aussi, lorsque je substitue à la membrure métallique supérieure une membrure exclusivement en béton ou bien une membrure mixte en métal et en béton, j'ai soin de composer celui-ci de telle façon qu'il puisse résister à 60 ou 80 kg par centimètre carré environ, selon que le métal travaille à 9 ou 12 kg par millimètre carré.

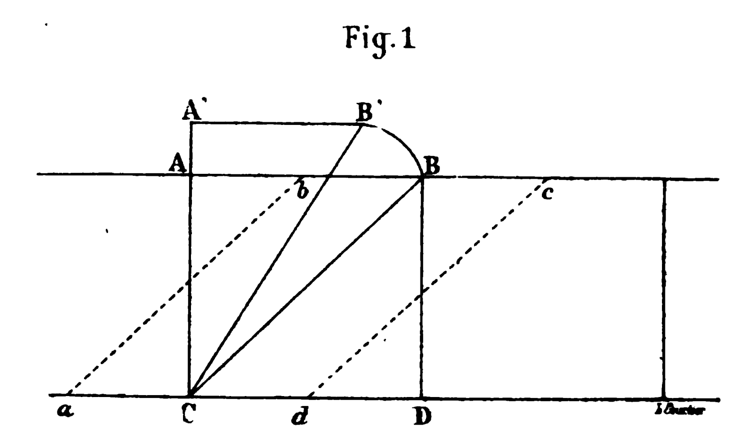
Ceci dit, il est clair que le raisonnement que je vais tenir maintenant dans l'examen de la flexion d'une poutre en béton

Digitized by Google

armé, en supposant la membrure comprimée entièrement métallique, s'appliquera également au cas d'une membrure comprimée en béton ou en béton et fer, puisque la déformation élastique longitudinale de cette membrure sera la même dans tous les cas.

La poutre métallique, assimilable à la poutre en béton armé, comprend des panneaux tels que ABCD (fig. 1), AB et CD étant les deux membrures réunies entre elles par les montants AC et BD ainsi que par la barre BC, inclinée à 45 degrés sur les membrures. Dans la poutre en béton armé, cette barre BC est rem-

Fig. 1



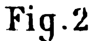

placée par une barre en béton *abcd*, dont le travail est $R'_b$ alors que le travail de la barre métallique BC est $R_a$ dans la poutre entièrement métallique. Cette dernière fléchit en conservant sa hauteur et sans que les sections planes transversales se déforment et, dans ces conditions, le déplacement élastique de B par rapport à C est égal à $\frac{R_a}{E_a} \times BC$, $E_a$ désignant le coefficient d'élasticité du métal. Or, dans la poutre en béton armé, il n'est possible au point B de se déplacer que de la quantité $\frac{R'_b}{E_b} \times BC$, laquelle est inférieure à $\frac{R_a}{E_a} \times BC$ dans la plupart des cas, parce que le travail $R'_b$ de l'âme de la poutre en béton, qu'on est obligé de faire épaisse pour pouvoir englober convenablement les fers, est assez petit. Il suit de là que la poutre en béton armé ne peut se déformer suivant la loi de l'indéformation des sections planes

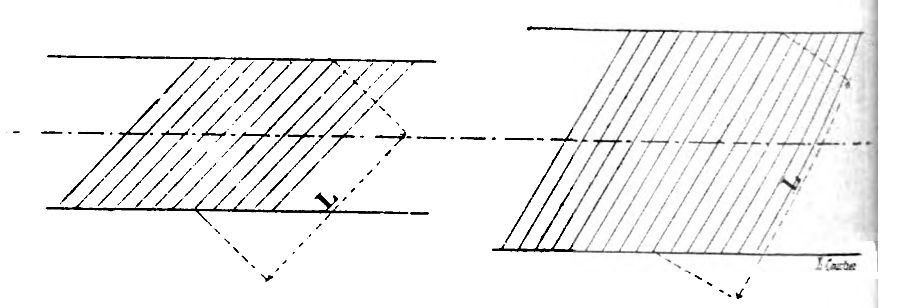
Digitized by Google

transversales et de la conservation de la hauteur de ces sections que jusqu'à concurrence d'un déplacement du point B par rapport à C, suivant la direction BC, égal à $\frac{R'_b}{E_b} \times BC$. Le reste du déplacement, c'est-à-dire :

$$\left(\frac{R_a}{E_a} - \frac{R'_b}{E_b}\right)BC$$

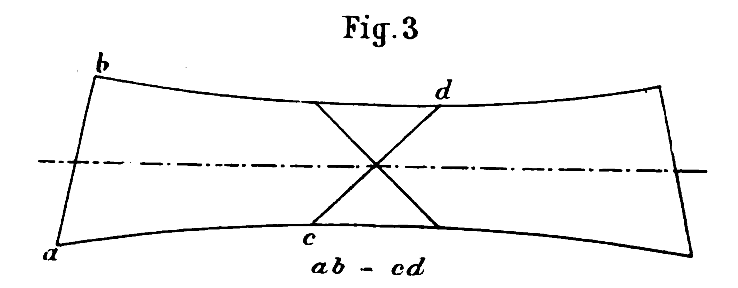
s'obtient comme je vais le montrer. Si on néglige tout d'abord la résistance du béton au cisaillement, on conçoit que les tranches




de béton formant barres inclinées glissent les unes sur les autres sans résistance en se redressant, ce qui fait *renfler* la poutre par augmentation de sa hauteur *(fig. 2)*. D'ailleurs, alors même qu'on ne négligerait pas la résistance du béton au cisaillement,

Fig. 3



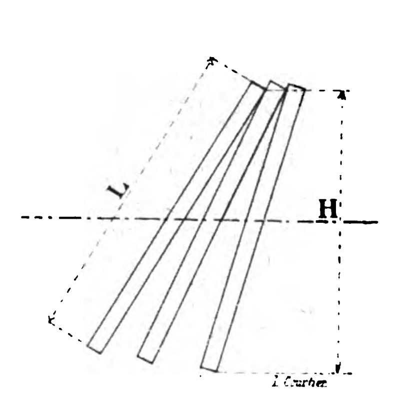

le phénomène du renflement se produirait encore, mais av moins d'importance. Le renflement est maximum aux extrén tés; il est nul au milieu de la poutre quand les charges s réparties symétriquement sur celle-ci *(fig. 3)*.

Digitized by Google

Dans le mouvement des tranches de béton formant barres comprimées, le point B vient en B′ *(fig. 1)* en décrivant un arc de circonférence dont le centre est en C.

Ainsi peut s'obtenir, sans flexion de la poutre, l'achèvement du raccourcissement de la membrure comprimée AB et celui de l'allongement des étriers tendus AC et BD. Quant à l'achèvement de l'allongement de la membrure tendue CD, il se fait par l'écartement à leur base des tranches de béton inclinées, puisqu'on ne tient pas compte de la résistance du béton à la traction *(fig. 4)*. Cet écartement des tranches produit une flexion de la poutre que j'examinerai à la fin de ce mémoire.

Fig. 4




On voit donc que la première partie de la flèche prise par une poutre droite en béton armé, comparée à celle que prend la poutre entièrement métallique de même résistance et de même écartement de membrures, est égale à cette dernière multipliée par le rapport entre le raccourcissement de la barre BC en béton et le raccourcissement de la barre BC en métal. Ce rapport a pour expression :

$$\lambda = \frac{\frac{R'_b}{E_b}}{\frac{R_a}{E_a}} = \frac{R'_b E_a}{R_a E_b}$$

Ce rapport est constant, quel que soit le panneau de la poutre que l'on considère, car, d'une part, le rapport $\frac{E_a}{E_b}$ est constant et, d'autre part, comme la section des barres de treillis est constante dans la poutre entièrement métallique comme dans la poutre en ·on armé, le rapport $\frac{R'_b}{R_a}$ est constant également. On peut donc, ns les calculs numériques, prendre pour $R'_b$ le travail maxi- ım des barres fictives du treillis en béton, c'est-à-dire le ıvail aux extrémités de la poutre, tandis qu'on prendra pour le travail maximum des membrures métalliques. Le travail

Digitized by Google

maximum du treillis métallique doit en effet être égal au travail maximum des membrures si le métal est rationnellement réparti, et on doit supposer qu'il l'est dans la théorie.

Dans le cas où la membrure supérieure de la poutre est entièrement en béton, la première partie de la flèche de la poutre est égale à celle que prendrait une poutre métallique de même hauteur (même distance entre centres de gravité des membrures) et même résistance multipliée par le rapport entre le travail maximum du béton à l'effort tranchant et le travail maximum du béton au moment fléchissant. On a en effet :

$$\lambda = \frac{R'_b}{R_a} \times \frac{E_a}{E_b} = \frac{R'_b}{R_b}$$

puisque :

$$R_b = \frac{R_a E_b}{E_a}.$$

*Remarque I.* — La résistance du béton au cisaillement a pour effet de diminuer l'effort de traction dans AC et BD et l'effort de compression dans AB. Par suite de cette diminution, le travail des forces intérieures agissant dans le métal diminue, mais celui des forces intérieures agissant dans le béton augmente; on peut donc admettre que le travail total reste le même.

La résistance du béton à la traction a pour effet de diminuer l'effort dans CD, mais ne change pas non plus le travail total des forces intérieures. On peut donc dire que le travail des forces intérieures est le même, que l'on tienne ou que l'on ne tienne pas compte de la résistance du béton à la traction ou au cisaillement. Toutefois, il faut remarquer que cette résistance a pour effet de diminuer le renflement de la poutre. Or, si je désigne par $f$ le déplacement élastique du point de rencontre de la ligne moyenne avec la direction de la charge $p$ et par $\varphi$ le déplacement négatif du point d'application de cette force sur le dessus de la poutre produit par le renflement de cette poutre en béton armé, on a pour expression du travail des forces intérieures, qui est égal au travail des forces extérieures :

$$T = \Sigma p(f - \varphi)$$

Si ce travail est constant, il en résulte, puisque $\varphi$ diminue quand on tient compte de la résistance du béton à la traction et au cisaillement, que $f$ doit être plus petit quand on tient compte de cette résistance que lorsqu'on n'en tient pas compte. Les

Digitized by Google

flèches que donne ma formule, qui sont celles de la ligne moyenne, sont donc plus fortes que celles qui se produisent réellement, puisque, dans la réalité, la résistance au cisaillement et à la traction du béton existe dans une certaine mesure.

*Remarque II.* — L'exposé qui précède met en évidence ce fait que les déplacements élastiques d'une poutre droite en béton armé, estimés suivant une direction perpendiculaire à la ligne moyenne de la poutre, sont inférieurs à ceux de la poutre métallique assimilable. Mais les déplacements élastiques estimés suivant la direction de la ligne moyenne peuvent être pris égaux dans les deux poutres quand on néglige la résistance du béton au cisaillement et à la traction. J'utiliserai cette remarque dans le calcul de la charge maximum qu'on peut faire supporter à une pièce en béton armé, suivant la direction de sa ligne moyenne, sans craindre le flambage de cette pièce.

## Application numérique.

Soit une poutre de 8 m de portée et recevant une charge totale de 1 000 kg par mètre courant, y compris son propre poids.

Le moment fléchissant maximum a pour valeur :

$$\frac{1\,000 \times 8^2}{8} = 8\,000.$$

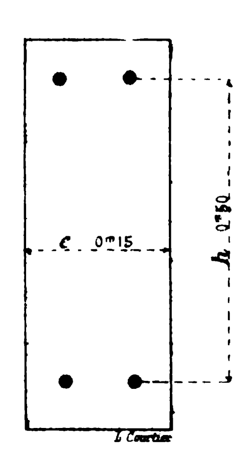
Les membrures étant écartées de 0,50 m, l'effort longitudinal total dans une membrure est de :

$$\frac{8\,000}{0{,}50} = 16\,000 \text{ kg}.$$

En adoptant un travail de 12 kg par millimètre carré, il faudra donc par membrure une section de fer de :

$$\frac{16\,000}{12} = 1\,333 \text{ mm}^2,$$

Fig. 5




soit deux ronds en acier de 29 mm de diamètre.

L'effort total dans la barre fictive de béton de l'extrémité de

Digitized by Google

la poutre est de $4000 \times \sqrt{2}$, puisque la barre est inclinée à 45 degrés sur les membrures. Cette barre ayant une section de $15 \times \frac{50}{\sqrt{2}}$, il en résulte un travail de

$$\frac{4\,000 \times 2}{15 \times 50} = 10{,}66 \text{ kg}$$

par centimètre carré.

La flèche de la poutre entièrement métallique assimilable serait de :

$$\frac{5pl^4}{384 E_a I_a} = \frac{5 \times 1\,000 \times 8^4}{384 \times 22 \times \overline{10}^9 \times \frac{2 \times 0{,}000660 \times \overline{0{,}50}^2}{2}}$$

$$= 0{,}0146 \text{ m.}$$

La première partie de la flèche de la poutre en béton armé considérée aura donc pour valeur, en prenant $\frac{E_a}{E_b} = 15$ :

$$0{,}0146 \times \frac{10{,}66}{1\,200} \times 15$$

$$= 0{,}00194 \text{ m,}$$

soit en nombre rond le 1/4000ᵉ de la portée.

D'une manière générale, soient :

$l$ la portée de la poutre;

$p$ la charge uniformément répartie par mètre courant;

$h$ la distance entre les centres de gravité des membrures mesurée perpendiculairement à la direction de la ligne moyenne;

$\omega$ la section d'une membrure;

$e$ l'épaisseur de la poutre.

Le moment fléchissant maximum a pour expression $\frac{pl^2}{8}$.

L'effort total maximum dans une membrure est $\frac{pl^2}{8h}$. Enfin, le travail maximum des membrures est :

$$R_a = \frac{pl^2}{8h\omega \times \overline{10}^4}$$

par centimètre carré.

Digitized by Google

L'effort tranchant maximum est représenté par $\frac{pl}{2}$.

L'effort dans la barre de treillis extrême est $\frac{pl}{2} \times \sqrt{2}$. La barre ayant une section égale à :

$$e \times \frac{h}{\sqrt{2}} \times \overline{10}^4,$$

le travail de cette barre est :

$$R'_b = \frac{pl}{eh \times \overline{10}^4}.$$

On a donc :

$$\frac{R'_b}{R_a} \times \frac{E_a}{E_b} = \frac{pl}{eh \times \overline{10}^4} \times \frac{8h\omega \times \overline{10}^4}{pl^2} \times \frac{E_a}{E_b} = \frac{8\omega}{el} \times \frac{E_a}{E_b}.$$

Par suite, l'expression de la première partie de la flèche de la poutre est :

$$f_1 = \frac{5pl^4}{384E_aI_a} \times \frac{8\omega}{el} \times \frac{E_a}{E_b},$$

ou bien, en remplaçant le moment d'inertie $I_a$ par sa valeur $\frac{\omega h^2}{2}$ :

$$f_1 = \frac{pl^3}{4{,}8h^2eE_b}.$$

On voit ainsi que cette partie de flèche d'une poutre droite en béton armé est inversement proportionnelle à son épaisseur. D'autre part, cette flèche ne dépend pas de la section des membrures métalliques, mais seulement de l'écartement de celles-ci.

Pour les autres cas qu'on rencontre en pratique, savoir : poutre sur appuis simples, chargée d'un poids unique en son milieu, poutre encastrée à ses deux extrémités, etc., le même raisonnement est applicable. Il y a lieu de remarquer toutefois que pour obtenir des résultats comparables entre eux, il faut considérer toujours une poutre métallique assimilable caractérisée, comme dans le cas de la poutre sur deux appuis simples et chargée uniformément, par des membrures ayant chacune une

Digitized by Google

section $\omega$ et des barres de treillis comprimées dont la section $\Omega$ est donnée par l'équation :

$$\frac{pl}{\sqrt{2}\Omega} = \frac{pl^2}{8h\omega},$$

c'est-à-dire :
$$\Omega = \frac{8h\omega}{l\sqrt{2}}.$$

Pour calculer les flèches d'une poutre autre que la poutre sur deux appuis simples et chargée uniformément, il faut donc, en calculant le coefficient :

$$\lambda = \frac{R'_b E_a}{R_a E_b},$$

prendre pour $R_a$ le travail maximum à l'effort tranchant d'une barre dont la section est $\Omega$ et non pas le travail maximum des membrures au moment fléchissant. Soit T cet effort tranchant maximum. On a :

$$R'_b = \frac{T}{\frac{eh}{\sqrt{2}} \times \overline{10}^4} \text{ par centimètre carré;}$$

$$R_a = \frac{T}{\frac{8h\omega}{l\sqrt{2}} \times \overline{10}^4} \text{ par centimètre carré.}$$

Il en résulte :

$$\lambda = \frac{8\omega}{el} \times \frac{E_a}{E_b}.$$

Ainsi, quels que soient les appuis de la poutre que l'on considère, la première partie de la flèche de celle-ci est toujours égale à celle de la poutre métallique assimilable multipliée par le rapport constant

$$\frac{8\omega}{el} \times \frac{E_a}{E_b}.$$

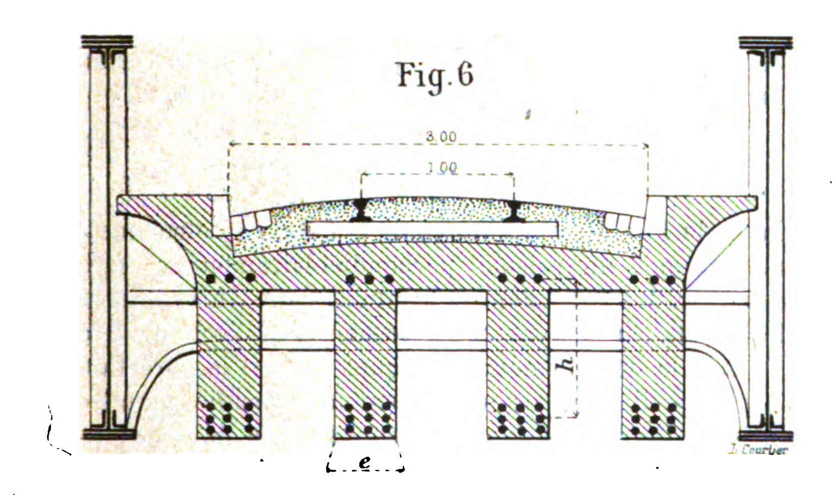
## Application au calcul des constructions mixtes.

Il ressort bien des explications qui précèdent que les faibles flexions observées sur les poutres en béton armé tiennent au faible coefficient de travail de l'âme de ces poutres.

Digitized by Google

Une conséquence à tirer de la raideur des poutres en béton armé c'est qu'il est rationnel d'associer deux poutres entre elles, l'une entièrement métallique, l'autre en béton armé, la première ayant une hauteur supérieure à celle de la seconde, de manière que les flèches prises sous l'action des charges soient les mêmes pour chaque poutre et que, d'autre part, le travail maximum du métal soit aussi le même dans chaque poutre.

C'est ainsi qu'il est rationnel de construire un tablier de pont comme l'indique la figure 6, en incorporant, dans un tablier métallique composé de deux poutres hautes réunies entre elles par des entretoises, un tablier en béton armé composé d'une série de poutres parallèles de moindre hauteur dont les armatures sont placées au-dessus et au-dessous des entretoises. Ce




système pourra être avantageusement employé lorsqu'on sera dans l'obligation de consolider un ouvrage par suite de l'augmentation de la surcharge. Si $p$ désigne la charge additionnelle par mètre courant de pont, on calcule le tablier en béton armé comme s'il devait supporter seul cette surcharge additionnelle; on se donne, pour cela, *a priori*, l'écartement $h$ des membrures. Il faut ensuite vérifier que les flèches prises par les deux tabliers — le tablier en métal et le tablier en béton armé — sous l'action des charges qui leur ont été attribuées sont bien les mêmes. Si on trouve une différence, il est possible de l'annuler en modifiant en plus ou en moins la hauteur $h$. Le premier calcul a permis de se rendre compte de l'épaisseur $e$ à donner à chaque

Digitized by Google

poutre pour que les fers de l'ossature soient convenablement entourés de béton, soit $ne$ si on prevoit $n$ poutres.

Si on désigne par $p'$ la charge par mètre courant que doit supporter le tablier en métal, par I le moment d'inertie de ce tablier, on détermine $h$ par la condition de l'égalité de la flèche du tablier métallique sous la charge $p'$ avec celle du tablier en béton armé sous la charge $p$. On trouvera plus loin l'équation qui détermine $h$.

## Application au calcul des pièces chargées de bout.

J'ai démontré (1) que la charge de bout N qu'un prisme métallique de section constante et de hauteur $l$, encastré à sa base et entièrement libre à son sommet, pouvait supporter (coefficient de sécurité non compris) était donnée par la formule :

$$N = \frac{Pf}{u}$$

dans laquelle P désigne une force de grandeur quelconque agissant au sommet du prisme perpendiculairement à sa ligne moyenne, $f$ la flèche ou déplacement élastique, suivant la direction de P, pris par le sommet du prisme sous l'action de cette force P, et $u$ le déplacement élastique, suivant la direction du prisme, c'est-à-dire suivant une direction perpendiculaire à celle de P, pris par le sommet du prisme sous l'action de cette force P.

Quand il s'agit d'un prisme en béton armé comportant quatre armatures métalliques de même section écartées de $h$ dans les deux sens ou dans le sens correspondant à la plus petite épaisseur du prisme, voici comment ma théorie des prismes chargés de bout peut être appliquée.

En ce qui concerne la flèche $f$, on verra plus loin que sa valeur totale a pour expression :

$$\frac{\varphi}{2}\left(1 + \frac{8\omega E_a}{elE_b}\right).$$

Quant au déplacement élastique $u$ pris par le sommet du prisme suivant la direction de ce dernier sous l'action de la force P, j'ai admis précédemment qu'il pouvait être pris égal à

(1) Voir Bulletin d'octobre 1890.

Digitized by Google

celui du prisme métallique assimilable au prisme en béton armé.

La différence entre le prisme entièrement métallique et le prisme en béton armé, sous le rapport du déplacement $u$, réside dans ce fait que, dans le prisme en béton armé, le déplacement considéré est obtenu d'abord par une flexion avec conservation des sections planes transversales et des hauteurs de ces sections, ensuite par une diminution de longueur du prisme résultant de l'épaississement ou du renflement que j'ai mis en évidence au début de cette note.

La valeur de N, pour les prismes en béton armé, est inférieure à celle qui correspond au prisme métallique assimilable. Comme pour les prismes métalliques, il convient, en pratique, d'affecter cette valeur d'un coefficient de sécurité.

## Application au calcul des hourdis.

Les hourdis n'ont, en général, qu'une seule ossature métallique placée à la partie inférieure et comprenant des barres dans deux directions perpendiculaires.

S'il s'agit d'un hourdis devant supporter une charge totale uniforme de $p$ kg par mètre carré, on peut décomposer cette charge en deux autres $p_1$ et $p_2$, la première qui sera supportée par les fers dont la portée est $l_1$ et la deuxième à laquelle résisteront les fers placés dans une direction perpendiculaire à celle des précédents et dont la portée est $l_2$. En somme, on peut considérer le hourdis comme formé par la superposition de deux hourdis se partageant la charge $p$. On trouvera plus loin le calcul fait dans ces conditions.

Les fers les plus forts doivent être ceux qui sont placés parallèlement au petit côté du rectangle d'appui. On devra les mettre sous ceux qui seront placés parallèlement au grand côté de ce rectangle et non pas au-dessus.

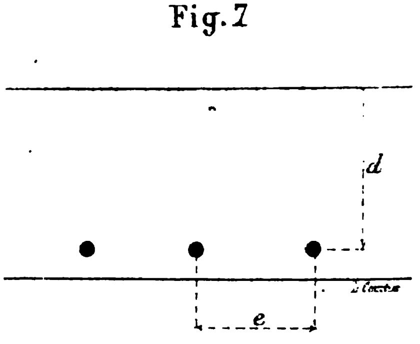
i le hourdis doit supporter une charge isolée P, il faut tout ıbord apprécier l'importance de la surface rectangulaire du ›urdis sur laquelle cette charge agira; les côtés de ce rec- ngle étant $c_1$ et $c_2$, on considère deux bandes de dalles ayant spectivement ces largeurs et on écrit que leurs flèches sont ıles sous l'action des forces $P_1$ et $P_2$ telles que $P_1 + P_2 = P$.



Digitized by Google

## De la variation de la flèche avec la section de l'ossature métallique formant membrure.

Soit une dalle ne comportant qu'une armature métallique inférieure. Celle-ci est constituée par des ronds écartés de $e$ et distants de $d$ de la face supérieure de la dalle, qui repose sur deux appuis seulement *(fig. 7)*.




Pour une bande de largeur $e$, le moment fléchissant est $\frac{pl^2}{8}$ et le travail du fer, dont la section est $\omega$, a pour expression :

$$R_a = \frac{pl^2}{8h\omega \times 10^4}$$

par centimètre carré.

La membrure supérieure en béton, dont l'épaisseur est égale à

$$2(d - h)$$

travaille à :

$$R_b = \frac{pl^2}{16he(d - h) \times 10^4}$$

par centimètre carré. Ainsi que je l'ai dit précédemment, je fais travailler cette membrure dans les conditions définies par l'égalité :

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{E_a}{E_b},$$

c'est-à-dire :

$$\frac{2e(d - h)}{\omega} = \frac{E_a}{E_b}.$$

Connaissant $e$, $d$ et $\omega$, cette formule permet de calculer $h$. Elle donne :

$$h = d - \frac{E_a}{E_b} \times \frac{\omega}{2e}.$$

Digitized by Google

La première partie de la flèche est alors :

$$f = \frac{pl^3}{4{,}8h^2eE_b} = \frac{pl^3}{4{,}8eE_b\left[d - \frac{E_a}{E_b} \times \frac{\omega}{2e}\right]^2}.$$

La formule ainsi trouvée suppose que $\omega$ n'est pas nul, mais varie dans les limites qui donnent à $R_a$ une valeur comprise entre les limites usuelles. Il faut aussi que la valeur attribuée à $\omega$ donne pour $d - h$, c'est-à-dire pour la demi-épaisseur de la membrure comprimée, une valeur compatible avec celle de $h$, c'est-à-dire une valeur qui soit une fraction assez petite de $h$. Si on applique la formule avec

$$p = 60 \text{ kg}, \quad l = 4 \text{ m}, \quad e = 0{,}10 \text{ m}, \quad d = 0{,}15 \text{ m},$$
$$\frac{E_a}{E_b} = 15, \quad E_b = 1{,}5 \times 10^9 \quad \text{et } \omega = 0{,}000177,$$

on trouve $\quad f = 0{,}000285$ m $\quad$ et $R_a = 495$ kg par centimètre carré.

En faisant $\omega = 0{,}000078$ au lieu de $0{,}000177$ et laissant aux autres lettres les mêmes valeurs numériques, on trouve :

$$f = 0{,}000256 \text{ m}$$
$$R_a = 1\,035 \text{ kg par centimètre carré.}$$

On voit ainsi que la première partie de la flèche varie peu malgré de grandes variations de $\omega$. Ceci tient à ce que l'influence du béton sur cette partie de flèche est plus grande que celle du métal et que le béton est moins élastique que celui-ci. Pour cette dernière raison, la flèche diminue quand on diminue $\omega$, parce qu'on augmente l'influence sur cette flèche du béton par rapport au métal.

Il n'est donc pas suffisant, comme pour les poutres entièrement métalliques, de se borner à faire des mesures de flèches sur un ouvrage établi pour être assuré, si ces flèches ne sont pas élevées, que cet ouvrage se trouve placé dans de bonnes conditions de résistance. Il faut absolument connaître l'importance de l'ossature métallique.

## Poutres droites continues.

On sait que, pour déterminer les réactions $R_1$, $R_2$, etc., des appuis d'une poutre continue droite, on suppose que celle-ci repose seulement sur les deux appuis extrêmes et on calcule alors les

Digitized by Google

déplacements élastiques des points verticaux de la ligne moyenne situés à l'aplomb des appuis intermédiaires supprimés. On calcule, en outre, les déplacements élastiques verticaux des mêmes points, sous l'action de chacune des réactions $R_1$, $R_2$, etc. On écrit ensuite que le déplacement élastique en chaque point considéré est nul, et cela donne autant d'équations qu'il y a d'inconnues R. Il est évident, puisque les déplacements de la poutre en béton armé sont égaux à ceux de la poutre métallique assimilable multipliés par le coefficient $\lambda$, que les équations en R seront les mêmes que celles résultant de la poutre assimilable. On peut donc dire que les réactions des appuis d'une poutre continue en béton armé à section constante sont les mêmes que celles d'une poutre entièrement métallique à section constante également.

Cette conclusion reste la même lorsqu'on considère la flèche totale dont je donne plus loin l'expression parce que cette flèche totale est encore égale à la flèche de la poutre assimilable multipliée par un coefficient indépendant des forces extérieures agissantes.

## Poutres d'égale résistance.

Lorsque la poutre métallique assimilable est d'égale résistance dans toutes ses parties, ou même lorsqu'elle est seulement d'égale résistance dans ses membrures longitudinales et dans ses étriers, le renflement de la poutre est constant sur toute sa longueur.

Le travail $R_a$ dans AB et dans BC étant le même *(fig. 8)*, le raccourcissement de AB $= h$ est :

$$\frac{R_a}{E_a} \times h.$$

L'allongement de BC est égal à ce raccourcissement.

Lorsque la barre inclinée en béton *abcd* vient en *a'b'c'd'*, il se trouve que la hauteur du parallélogramme *a'b'c'd'* étant $h + \frac{R_a h}{E_a}$, la base *a'b'* de ce parallélogramme est $h - \frac{R_a h}{E_a}$. Il fau pour cela, en effet, que l'on ait :

$$\left(h + \frac{R_a h}{E_a}\right)\left(h - \frac{R_a h}{E_a}\right) = h^2,$$

puisque les surfaces *abcd* et *a'b'c'd'* sont égales.

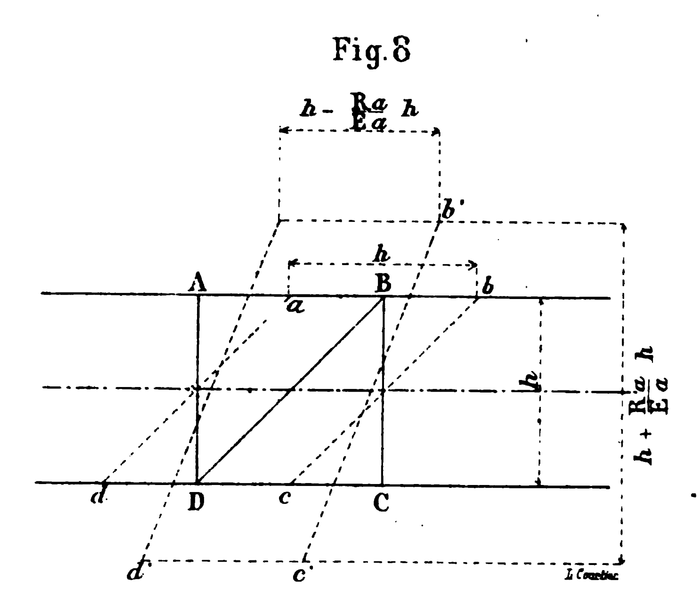
Digitized by Google

Or, le premier membre de cette égalité donne, après développement :

$$h^2 - \left(\frac{R_a}{E_a}\right)^2 h^2.$$

En négligeant le terme $\left(\frac{R_a}{E_a}\right)^2 h^2$, qui est petit à côté de $h^2$, parce que $\left(\frac{R_a}{E_a}\right)^2$ est petit, on a bien l'identité $h^2 = h^2$. On voit donc que les tranches de béton, en se relevant, donnent les

Fig. 8




allongements des étriers et les raccourcissements des éléments de la membrure longitudinale qui conviennent pour que ces tranches n'aient pas à glisser sur la membrure comprimée.

D'ailleurs, les étriers étant d'égale résistance, ils s'allongent de la même quantité dans tous les panneaux de la poutre. Le renflement de celle-ci est donc, de ce fait, constant sur toute la ongueur.

En ce qui concerne les écartements entre les tranches de .éton, qui se produisent pour correspondre aux allongements 'əs éléments de la membrure longitudinale tendue, ces écarte- .ents ne donnent pas de renflement de la poutre.

Le cas que j'ai représenté sur la figure 3 est celui où les étriers,

Digitized by Google

de même section partout, sont répartis uniformément sur toute la longueur de la poutre.

Lorsque les étriers, de même section, sont répartis suivant les indications de l'effort tranchant, c'est-à-dire sont d'autant plus rapprochés les uns des autres qu'on se rapproche davantage des extrémités de la poutre, le renflement de celle-ci, dû au déplacement des tranches de béton comprimé par glissement des unes sur les autres, est uniforme parce que le travail des étriers est constant.

*Remarque.* — Je viens de dire ci-dessus que, en général, dans la pratique, les membrures longitudinales sont à section constante et que les étriers sont d'égale résistance. De l'inégalité de la résistance des membrures longitudinales, il résulte que dans les parties où la membrure comprimée travaille à un taux inférieur au travail maximum, les tranches de béton tendent à se séparer les unes des autres puisque, si elles restaient accolées, elles présenteraient une largeur $a'b'$ inférieure à la largeur correspondante de la membrure métallique comprimée. Ce n'est, en effet, comme je l'ai montré plus haut, que lorsque la membrure métallique est d'égale résistance que $a'b'$ est égal à la longueur correspondante de cette membrure comprimée. En d'autres termes, la constance de la section de la membrure comprimée provoque des tractions dans le béton qui entoure cette membrure, en tous les points où le travail est plus petit que le travail maximum.

## Sur l'allongement de la membrure longitudinale tendue et la flèche de la poutre due à cet allongement.

J'ai dit, au début de l'exposé de mes recherches, que l'allongement de la membrure longitudinale tendue produisait aussi une flexion pour la poutre. Il est exact de dire que cet allongement augmente la flèche de la poutre d'une manière très sensible puisque, comme nous venons de le voir en considérant une poutre d'égale résistance, l'allongement total des étriers correspond à la compression totale de la membrure longitudinale comprimée. En définitive, je suis amené à conclure que

Digitized by Google

la flexion d'une poutre en béton armé chargée uniformément de produit de la manière suivante :

1° Flexion de la poutre métallique assimilable telle que la flèche prise est égale à celle de cette poutre multipliée par le rapport :

$$\frac{8\omega E_a}{elE_b}, \text{ soit}$$

$$f_1 = \varphi \times \frac{8\omega E_a}{elE_b};$$

2° Achèvement de l'allongement des étriers et du raccourcissement de la membrure longitudinale comprimée, sans augmentation de la flexion de la poutre, soit :

$$f_2 = 0;$$

3° Flexion de la poutre produite par l'achèvement de l'allongement de la membrure longitudinale tendue.

Cet achèvement se produit sous l'effort d'une charge $p_2$ telle qu'on a les deux équations suivantes :

$$p_1 + p_2 = p$$

$$f_1 = \frac{15pl^4}{384E_aI_a} \times \frac{8\omega E_a}{elE_b} = \frac{5p_1l^4}{384E_aI_a}.$$

On tire de là :

$$p_1 = p \times \frac{8\omega E_a}{elE_b},$$

$$p_2 = p\left[1 - \frac{8\omega E_a}{elE_b}\right].$$

A cause du principe de l'égalité du travail des forces extérieures et des forces intérieures, on peut dire que la flexion de la poutre produite par le seul allongement de la membrure tendue est la moitié de celle que produirait cet allongement combiné avec le raccourcissement de la membrure longitudinale comprimée ; on a donc :

$$f_3 = \frac{1}{2}\frac{5p_2l^4}{384E_aI_a} = \frac{\varphi}{2}\left[1 - \frac{8\omega E_a}{elE_b}\right]$$

Digitized by Google

## Expression de la flèche totale.

On a donc pour la flèche totale de la poutre :

$$f = f_1 + f_2 + f_3 = \varphi \times \frac{8\omega E_a}{elE_b} + \frac{\varphi}{2}\left[1 - \frac{8\omega E_a}{elE_b}\right] = \frac{\varphi}{2}\left[\frac{8\omega E_a}{elE_b} + 1\right].$$

Il y a lieu de remarquer que le renflement de la poutre n'est dû exclusivement qu'au relèvement des tranches de béton qui achève l'allongement des étriers et le raccourcissement de la membrure longitudinale comprimée. L'achèvement de l'allongement de la membrure tendue ne produit pas de renflement de la poutre.

Faisons une application de la formule ci-dessus en considérant la même poutre que précédemment. J'ai trouvé pour cette poutre :

$$\varphi = 0{,}0146 \text{ m.}$$

On a d'autre part :

$$\frac{1}{2}\left(\frac{8\omega E_a}{elE_b} + 1\right) = 0{,}06665 + 0{,}50 = 0{,}56665.$$

Il en résulte :

$$f = 0{,}0146 \times 0{,}5665 = 0{,}00827 \text{ m.}$$

La flèche est donc égale au millième de la portée environ.

## Applications.

En ce qui concerne l'application aux constructions mixtes dont j'ai parlé précédemment, il y a lieu de faire comme il suit le calcul des tabliers de ponts.

On détermine les valeurs à attribuer à $h$ et à $\omega$ au moyen des deux équations suivantes, la première qui exprime le travail des membrures longitudinales du tablier en béton armé et la deuxième qui exprime l'égalité des flèches de ce tablier et du tablier métallique auquel il est associé :

$$\frac{pl^2}{8h\omega} = R_a$$

$$\frac{5p'l^4}{384EI} = \frac{5pl^4}{2 \times 384E_aI_a}\left(\frac{8\omega E_a}{elE_b} + 1\right).$$

Digitized by Google

En ce qui concerne les pièces chargées de bout, on peut toujours admettre que le déplacement élastique $u$, estimé suivant la direction de la ligne moyenne, est, pour les prismes encastrés à un bout et entièrement libres à l'autre bout :

$$u = P^2 \times \frac{2l^5}{15(E_a I_a)^2}.$$

La flèche est, d'autre part :

$$f = \frac{1}{2} \cdot \frac{Pl^3}{3E_a I_a}\left(\frac{8\omega E_a}{elE_b} + 1\right).$$

Par suite, il faut, pour que le flambage ne puisse pas se produire, que la charge de bout N ne dépasse pas la valeur :

$$N = \frac{Pf}{u} = \frac{10E_a I_a}{4l^2}\left(\frac{4\omega E_a}{elE_b} + \frac{1}{2}\right).$$

C'est la formule usuelle pour les prismes entièrement métalliques affectée du coefficient $\frac{4\omega E_a}{elE_b} + \frac{1}{2}$.

*Remarque.* — On a vu par l'application numérique précédente que, dans l'expression de la flèche totale, le terme $\frac{4\omega E_a}{elE_b}$ est en général assez petit à côté du terme $\frac{1}{2}$. On pourrait donc simplifier la plupart des problèmes en admettant approximativement que la flèche d'une poutre en béton armé est égale à la moitié de celle prise, sous les mêmes charges, par la poutre métallique assimilable.

En faisant usage de cette remarque, pour une première approximation, dans l'application au calcul des hourdis chargés uniformément, on aurait, pour déterminer $p_1$ et $p_2$, les équations suivantes :

$$p_1 + p_2 = p,$$

$$\frac{5p_1 l_2 l_1^4}{2 \times 384 E_{a_1} I_{a_1}} = \frac{5p_2 l_1 l_2^4}{2 \times 384 E_{a_2} I_{a_2}},$$

ı bien :

$$\frac{p_1 l_1^3}{E_a I_{a_1}} = \frac{p_2 l_2^3}{E_{a_2} I_a}.$$

Digitized by Google

### Observation.

Le lecteur s'est rendu compte qu'en donnant l'exposé complet de mes recherches théoriques sur la flexion des poutres droites en béton armé, j'ai montré les tâtonnements que j'avais dû faire avant d'arriver à la formule définitive de la flèche :

$$f = \frac{\varphi}{2}\left(\frac{8\omega E_a}{elE_b} + 1\right).$$

La première formule que j'ai essayée, c'est-à-dire :

$$f = \varphi \times \frac{8\omega E_a}{elE_b},$$

ne m'ayant pas fourni, en application, des résultats suffisamment concordants avec ceux de la pratique, j'ai été amené à approfondir davantage le problème, et c'est ainsi que j'ai reconnu que, contrairement à ce que je pensais tout d'abord, l'allongement de la membrure longitudinale tendue avait une grande influence sur la flèche.

Ma formule donne des résultats qui ne s'éloignent pas beaucoup de ceux que donne la formule :

$$f = \frac{5pl^4}{384E_bI_t},$$

qui est celle que préconisent les instructions ministérielles du 20 octobre dernier sur le béton armé. Dans cette formule, $I_t$ représente le moment d'inertie total de la poutre en béton où la section de métal est remplacée par une section de béton $\frac{E_a}{E_b} - 1$ fois plus grande.

Ainsi, pour la poutre de 8 m que j'ai considérée, la valeur de la flèche serait, avec la formule ci-dessus :

$$f = \frac{5 \times 1\,000 \times 8^4}{384 \times \frac{22}{15} \times \overline{10}^9 \left[\frac{0{,}15 \times \overline{0{,}58}^3}{12} + \frac{0{,}001333 \times 14 \times \overline{0{,}50}^2}{2}\right]}$$

$$= 0{,}0076 \text{ m}.$$

Digitized by Google

Avec ma formule, j'ai trouvé antérieurement :

$$f = 0{,}00827 \text{ m.}$$

La formule ministérielle donne des résultats un peu faibles parce qu'elle suppose que le béton résiste à la traction sans se fendre nulle part. Elle est, d'ailleurs, impuissante à mettre en évidence la traction des étriers et le renflement de la poutre, dont j'ai pu montrer l'existence grâce à ma théorie des barres de treillis comprimées en béton.

Ma formule donne des flèches un peu plus grandes que les flèches réelles, parce que je néglige l'influence de la résistance du béton au cisaillement et à la traction.

---

Digitized by Google

# NOTE

SUR LA

# SUSPENSION DES VÉHICULES INDUSTRIELS

ET LES

# AMORTISSEURS PNEUMATIQUES

PAR

**M. J. PATOUREAU**

La suspension d'un véhicule est destinée à protéger le plus possible le châssis, la caisse et la charge portée, contre les chocs, vibrations et trépidations auxquels ils sont soumis du fait du mouvement. L'état des voies de communication surtout, mais aussi l'état des roues du véhicule sont les causes principales de ces chocs, vibrations et trépidations.

La suspension est en général constituée par des ressorts métalliques sur lesquels repose le châssis; les points d'appui qui sont les intermédiaires entre la masse suspendue et le sol doivent être judicieusement répartis, et on doit chercher à atténuer les actions et réactions qui s'y exercent pendant la marche.

Des expériences faites avec des voitures dynamométriques ont montré l'intérêt qu'il y avait à améliorer la suspension, non seulement pour augmenter le bien-être des voyageurs, ou mieux protéger le châssis et la charge, mais encore pour diminuer l'effort de traction, et les causes de dégradation des voies, routes ou chaussées.

La flexibilité des ressorts caractérise la suspension, elle indique de combien de millimètres fléchit un ressort sous une charge de 100 kg; elle se déduit des dimensions adoptées pour les ressorts, du poids à porter et de la résistance des matériaux employés.

Lorsque le poids est faible, la flexibilité peut être grande, lorsque le poids est important, la flexibilité est petite pour les longueurs employées actuellement, le plus souvent pour les ressorts.

Les ressorts métalliques sont évidemment établis en considération de la plus grande charge qu'ils doivent porter; il s'ensuit

que, lorsque le véhicule porte des charges réduites ou est vide, ou bien encore si la charge exacte n'est pas connue, la suspension ne se trouve pas dans de bonnes conditions et ne peut satisfaire alors à toutes les fonctions qu'elle devrait remplir.

Les chocs, vibrations ou trépidations sont donc plus importants dans ces derniers cas, qui sont généralement les plus fréquents.

Toutefois, lorsque la différence entre le poids total et le poids mort (c'est-à-dire le poids utile) est peu importante, ces inconvénients sont atténués.

Les progrès qui se sont réalisés dans les moyens de transport, et l'augmentation de la vitesse en particulier, ont amené la nécessité de perfectionner la suspension.

Pour obtenir une flexibilité plus importante, on a quelquefois superposé plusieurs ressorts; cependant cette solution semble actuellement diminuer d'intérêt. Une autre solution plus employée consiste à augmenter la longueur des ressorts et à les fabriquer en métaux plus résistants. On est arrivé ainsi à donner une très grande flexibilité pour les véhicules relativement légers; mais d'autres inconvénients, dont le balancement de la caisse et le talonnement possible des essieux sur certaines pièces, ont montré que, pratiquement, la flexibilité des ressorts métalliques devrait être limitée; et il a fallu freiner, dans certaines conditions, les ressorts très flexibles.

Lorsque le poids utile est petit, et de moyenne importance eu égard au poids total, comme dans les voitures de tourisme, il est possible d'obtenir une bonne suspension avec des ressorts très flexibles et des freins ou amortisseurs d'oscillations ramenant la flexibilité à une limite pratique.

Mais, lorsque le poids utile est grand et important eu égard au poids total, comme dans les véhicules industriels, les grandes flexibilités ne sont plus possibles et les véhicules sont soumis à des chocs, vibrations et trépidations qui sont une cause de détérioration rapide, et qui ont d'autant plus d'effet que le véhicule est moins chargé.

Les chocs incessamment répétés, quelle que soit leur intensité, ndent à augmenter la fragilité des métaux; ils ont pour effet e créer dans la matière un frottement des molécules qui ne ut que diminuer la cohésion, même lorsqu'on se trouve dans bonnes conditions pratiques par rapport à la limite élasue. Pour exprimer ce fait, on se sert quelquefois des expres-ns de changement d'état moléculaire ou de cristallisation.

La dispersion des ondes de choc sans retour au point de départ peut expliquer ce changement d'état moléculaire. Il semble que l'on peut dire d'une manière très générale que le travail intérieur résultant des chocs, vibrations, ou trépidations incessantes, peut être la cause de tensions importantes, fatigue le métal et peut amener des ruptures. Si l'on considère maintenant des pièces assemblées, soit par des rivets, boulons ou vis, soit par des clavettes ou goupilles, le fait n'a pas moins d'importance; les mouvements relatifs des pièces ou frottements ne sont plus amortis par la cohésion qui n'existe pas comme dans la matière : il y a alors matage et jeu produit, augmentant de plus en plus avec le temps. Les têtes de rivet s'usent par frottement, les écrous se desserrent, même ceux qui sont goupillés ou retenus par des rondelles spéciales, quelquefois les goupilles sont cisaillées. Ces inconvénients sont graves et il faudrait les empêcher de naître, afin d'éviter le ferraillement qui indique la nécessité de réparer le plus tôt possible.

Mais comment s'effectuent ces réparations?

Pour les pièces à rattrapage de jeu, cela est facile; mais pour les autres, qui sont le plus grand nombre, la difficulté et la dépense deviennent importantes.

Il est possible de bouteroller à nouveau les rivets et de resserrer les écrous et les clavettes, mais cela nécessite un grand travail dont le résultat est en partie illusoire à cause du jeu qui se trouve dans les trous de passage des rivets ou boulons, soit de construction, soit du fait du matage dû aux trépidations.

On ne peut donc que se remettre, à peu près, dans les conditions premières, et, au bout de peu de temps, il faudra recommencer à réparer, et toujours la réparation sera plus importante. Il est donc très intéressant de chercher à atténuer sinon à supprimer la cause du mal. D'autre part, les vibrations, dont certaines sont sonores, sont transmises au sol et à l'air, ce qui occasionne des pertes de force vive qui sont fonction de la charge et de la vitesse.

Enfin, les mouvements verticaux du châssis sont une cause d'à-coups sur le moteur et de variations de l'adhérence, qui entraîne le glissement ou patinage des roues motrices.

Les dispositifs simples capables d'atténuer les chocs, vibrations ou trépidations, et de régulariser les actions incomplètes des ressorts ordinaires dans les cas des charges variables, seront à considérer pour l'établissement de la suspension.

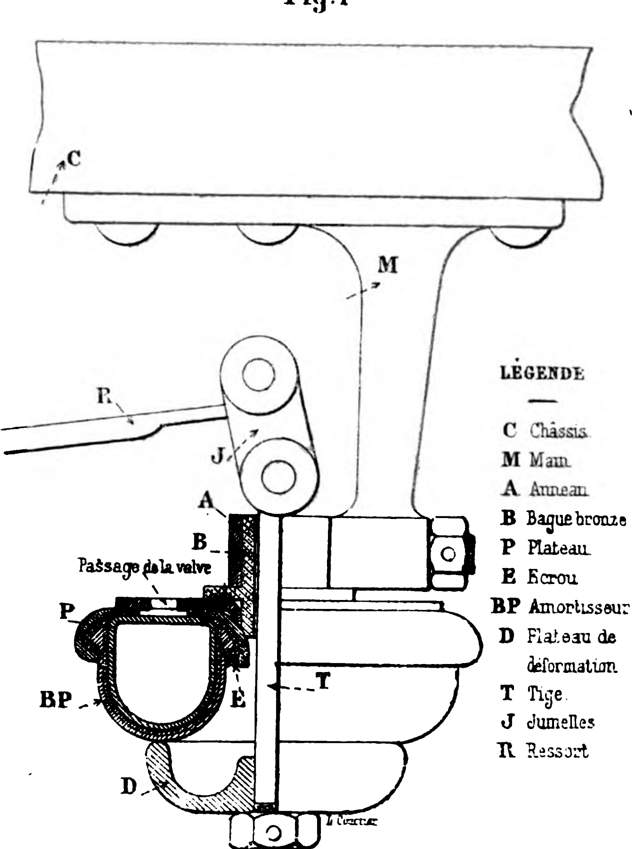
Digitized by Google

Nous allons décrire un appareil dénommé « amortisseur pneumatique BP » qui s'est inspiré du programme ci-dessus et qui a donné de bons résultats pratiques.

## Description.

Cet appareil se compose essentiellement d'un coussin pneumatique enserré entre deux plateaux métalliques. Le châssis

Fig. 1




Demi-élévation et demi-coupe d'un amortisseur BP.

repose directement sur l'un des plateaux et, par l'intermédiaire du coussin pneumatique, sur l'autre plateau, qui est relié à la jumelle du ressort par une tige de suspension.

Digitized by Google

Le coussin pneumatique est composé d'une chambre à air valvée et d'une enveloppe entoilée à talons; il a généralement la forme d'un tore, dans l'œil duquel passe la tige de suspension.

La surface génératrice du tore est un demi-cercle surmonté d'un rectangle. Les talons de l'enveloppe entoilée sont retenus dans des rebords du plateau supérieur. Le plateau inférieur est évidé pour lui permettre de pénétrer dans le coussin pneumatique et de le déformer d'une manière rationnelle, qui ne nuit en rien à sa bonne conservation. C'est sur cette déformation rationnelle, qui permet une course importante des bouts de ressort, que repose le fonctionnement de l'appareil. La raison de la déformation normale est que tous les points de la paroi, qui est inextensible, conservent très sensiblement, pendant la pénétration du plateau de déformation, leur distance par rapport à l'axe de rotation de la ligne qui engendre cette paroi. La pression sur le rebord du plateau et sur le caoutchouc est faible par centimètre carré de surface d'appui afin qu'il n'y ait pas d'usure, ce qui a été confirmé par la pratique.

## Montage.

Les appareils se montent en bout des ressorts : on peut donc en mettre deux par ressort, ce qui donne le maximum d'effet. Dans ces conditions, le châssis reposera sur les ressorts par l'intermédiaire seul des coussins pneumatiques.

Pour l'essieu avant dans les automobiles, on peut monter seulement deux appareils aux bouts arrières des ressorts, ce qui protégera le moteur.

Pour l'essieu arrière, il est facile, en construction, de monter quatre appareils à tous les bouts des ressorts, ce qui donnera le meilleur résultat.

Les chambres à air sont gonflées une fois pour toutes dans des conditions que nous indiquerons ci-après.

## Fonctionnement.

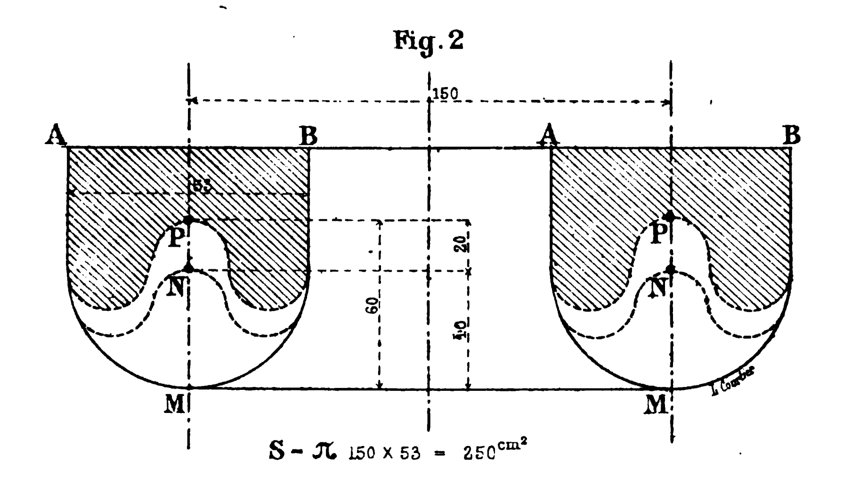
En marche, les dénivellations de la route auront pour résultat d'exercer des tractions sur les tiges de suspension, ce qui fera pénétrer les plateaux de déformation dans les coussins pneu-

Digitized by Google

matiques et permettra un déplacement vertical des bouts de ressort. La pression d'air intérieure augmentera progressivement et ne communiquera au châssis que des actions progressives, puisqu'il y a un temps de compression et un travail absorbé. Une partie du travail disparait définitivement (résistance de la paroi, frottements et calories de la compression) et la pratique a montré qu'il n'y avait aucun échauffement.

Le choc sur le châssis est donc atténué ; il en résulte que le choc en retour (réaction) sera lui-même plus faible ; mais cette réaction déjà atténuée passe encore par les amortisseurs ; le sens seul est inversé (elle agit de haut en bas). La réaction du châssis

Fig. 2




Coupe schématique du coussin à air.

sur les ressorts et le sol est donc, elle aussi, très diminuée. Les appareils BP agissent comme amortisseurs de chocs, vibrations ou trépidations. Ils agissent aussi comme régulateurs automatiques compensant les défauts de flexibilité des ressorts métalliques, soit que la charge exacte n'ait pas été connue au moment de l'établissement des ressorts, soit que cette charge soit variable, ce qui a lieu généralement dans tous les véhicules. ᵀ'ıction régulatrice s'obtient par le changement automatique de lume qu'entrainent les variations de charge lorsque l'appareil réglé convenablement. Considérons, en effet, une coupe ıématique du coussin pneumatique et supposons que la plus ande course adoptée pour l'appareil soit 60 mm. Cette plus ınde course se trouve limitée par la butée des embases cen-



Digitized by Google

trales des plateaux, de manière à éviter toute dégradation des chambres à air à fond de course. Soit encore 1 000 kg, par exemple, la charge agissant sur le coussin pneumatique ; si 250 $cm^2$ est la surface de la section droite du tore (surface d'appui), la pression intérieure équilibrant la charge sera $\frac{1\,000}{250} = 4$ kg. Pour que l'appareil soit réglé convenablement, il ne faut introduire dans la chambre à air que la *quantité* d'air utile. Dans le cas considéré, l'appareil chargé de 1 000 kg, on laissera le plateau de déformation pénétrer de 40 mm le coussin pneumatique, c'est-à-dire que ce coussin, sous la plus forte charge, sera incurvé suivant ANB. Il restera en pleine charge une course possible des bouts de ressort de 20 mm, ce qui est jugé suffisant.

Supposons maintenant que l'on enlève 200 kg de charge, la pression intérieure équilibrant la nouvelle charge sera $\frac{800}{250} = 3{,}2$ kg.

Or, la pression primitive est 4 kg, lorsque la paroi est incurvée suivant ANB ; cette pression, trop forte pour la charge réduite, va donc chasser la paroi et tendre à lui faire reprendre sa forme convexe AMB. Dans ce mouvement, la surface ANB, limitée par la paroi et qui engendre le volume, va augmenter ; il en sera de même du volume. La pression intérieure baissera en raison inverse des volumes jusqu'à ce qu'elle équilibre la nouvelle charge.

Les pressions intérieures sont donc variables proportionnellement aux charges ; ces pressions sont, dans une suspension de véhicule composée avec des amortisseurs pneumatiques BP, *la résistance au fléchissement ;* on obtient donc ainsi une résistance au fléchissement variable automatiquement et proportionnellement aux charges diverses qui agissent sur le véhicule.

Les caractéristiques de la suspension pneumatique BP sont :

1° Amortissement général des chocs et vibrations ;

2° Variations automatiques de résistance au fléchissement de la suspension sous charges variables, proportionnellement à ces charges.

Digitized by Google

## Considérations théoriques sur les amortisseurs pneumatiques.

Supposons l'appareil, le plus simple théoriquement, composé avec un cylindre et un piston.

Soit une force M agissant sur un piston de surface S, la pression d'air intérieure faisant équilibre à M sera

$$P = \frac{M}{S} = \frac{M}{0{,}785d^2}.$$

Si la hauteur est H, le volume sera $V = SH$. Supposons que la force M double, par exemple, le volume d'air diminuera de moitié et la pression intérieure doublera. Le volume deviendra $V' = Sh = 1/2\,SH$ d'où $h = \frac{H}{2}$ ; la pression sera $P' = 2P$.

Fig. 3

Le piston aura parcouru une course $C = H - h$.

Des égalités ci-dessus on tire $\frac{V}{V'} = \frac{H}{h}$, c'est-à-dire que les volumes avant et après la course du piston sont proportionnels aux hauteurs.

On peut aussi écrire $\frac{V}{V'} = \frac{dH}{dh}$, c'est-à-dire que les volumes avant et après la course du piston sont proportionnels aux *surfaces ou sections* engendrant ces volumes.

Les pressions sont inversement proportionnelles à ces mêmes quantités $\frac{P}{P'} = \frac{M}{M'} = \frac{h}{H} = \frac{dh}{dH}$,

d'où $$h = H\frac{P}{P'}, \quad P' = P\frac{H}{h}, \quad M' = M\frac{H}{h}.$$

Soit C la course :

$$\frac{P}{P'} = \frac{M}{M'} = \frac{H - C}{H} \quad \text{d'où } P' = P\frac{H}{H - C}, \quad M' = M\frac{H}{H - C}$$

Digitized by Google

$$\text{et } C = H\frac{P'-P}{P'},\quad C = H\frac{M'-M}{M},\quad H = C\frac{P'}{P'-P},\quad H = C\frac{M'}{M'-M}$$

$$\text{si } P' = KP \quad M' = KM \quad \text{d'où } C = H\frac{K-1}{K},\quad H = C\frac{K}{K-1}.$$

La hauteur H est indépendante de M et de P ; elle est proportionnelle au rapport $\frac{K}{K-1}$ et à la course C.

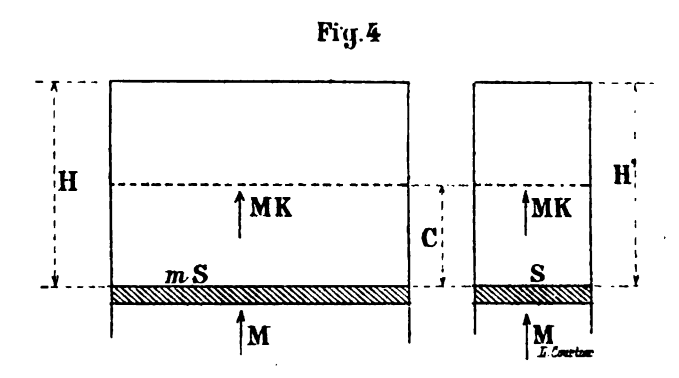
Attribuons à K diverses valeurs :

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $K =$ | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 |
| $\frac{K}{K-1} =$ | $\infty$ | 11 | 6 | 4,3 | 3,5 | 3 | 2,65 | 2,4 | 2,25 | 2,1 | 2 | 1,5 | 1,33 | 1,25 | 1,1. |

Si nous supposons C donné, H varie avec $\frac{K}{K-1}$, or plus K est grand, plus $\frac{K}{K-1}$ est petit ; donc, à course égale la hauteur H sera d'autant plus petite que K sera grand. Il résulte que :

Pour une hauteur H minimum avec une course C donnée, on obtiendra un grand accroissement de l'effort primitif.

Fig. 4




Pour un petit accroissement de l'effort primitif avec une course C déterminée, il faudra donner une grande hauteur.

Afin d'éviter que le piston ne vienne toucher le fond du cylindre, il faut réserver au minimum 10 mm de jeu à fin de course.

Digitized by Google

Le plus grand rapport des volumes et des pressions sera donc $\frac{H \text{ en mm}}{10}$ minimum de $h = 10$ mm ; maximum de $C = H - 10$.

Voyons maintenant s'il y a intérêt au point de vue de l'amortissement (flexion ou course parcourue sous un accroissement de l'effort) à donner une grande surface au piston.

Supposons l'effort M devenant KM après la course C et agissant : 1° sur un piston de surface S ; 2° sur un piston de surface $m$S. Le rapport des efforts étant le même dans les deux cas, ainsi que la course, les hauteurs aussi sont égales :

$$H = C\frac{K}{K-1} = H'.$$

Pour obtenir la même course ou flexion en conservant le même rapport des efforts ou pressions, il faut des hauteurs égales, les surfaces ou diamètres étant indifférents. Il n'est donc pas utile d'avoir de grandes surfaces. Celles-ci seront déterminées par la pression intérieure maximum qu'on se sera donnée. La formule $H = C\frac{K}{K-1}$ est d'ailleurs indépendante de S.

De la formule $H = C\frac{K}{K-1}$ on tire $C = H\frac{K-1}{K}$

Supposons des efforts variables agissant sur un même appareil de hauteur H, et voyons quels sont les accroissements de course ou de flexion pour diverses valeurs de K :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Si $K =$ | 1 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 10 | 20 |
| $\frac{K-1}{K} =$ | 0 | 0,16 | 0,33 | 0,44 | 0,5 | 0,66 | 0,75 | 0,8 | 0,83 | 0,9 | 0,95 |
| G $=$ | 0 | 0,16H | 0,33H | 0,44H | 0,5H | 0,66H | 0,75H | 0,8H | 0,83H | 0,9H | 0,95H. |

Les accroissements pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| K = | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| C = | 0,5H | 0,66H | 0,75H | 0,80H | 0,83H |

ıt :

ccroissements

υ6 — 0,5)H (0,75 — 0,66)H (0,80 — 0,75)H (0,83 — 0,80)H.
0,16H 0,09H 0,05H 0,03H.

ιes accroissements de la course ou de la flexion vont en

diminuant pour des valeurs croissantes de K ou de l'effort agissant sur le piston.

Dans les amortisseurs pneumatiques, les accroissements de course ou flexion diminuent donc lorsque les efforts augmentent; c'est-à-dire que sous faibles charges la flexion totale due à une charge additionnelle ou à un choc est plus grande que sous fortes charges; c'est l'inverse de ce qui se passe avec les ressorts métalliques seuls. Or, les chocs et vibrations étant beaucoup plus accentués sous charges réduites, il résulte que l'addition des amortisseurs pneumatiques compensera le défaut de flexion dans les cas des charges réduites qui sont généralement les plus fréquents, et permettra d'obtenir un véhicule bien suspendu dans tous les cas.

Le châssis (grosse masse du véhicule) se déplacera moins avec la suspension pneumatique; le groupe de petite masse (roues, essieu, ressorts) aura, au contraire, la plus grande facilité pour franchir les obstacles, le résultat sera une diminution du travail demandé au moteur pour franchir l'obstacle. En enregistrant les ordonnées des courbes que décrit le châssis dans les deux cas, suspension sans amortisseur, suspension avec amortisseur, toutes conditions égales d'ailleurs, on pourra mesurer cette diminution de travail. Les mêmes diagrammes montreraient l'intérêt qu'il y a à faire léger le groupe : roues, essieux, ressorts.

## Exemples d'applications des amortisseurs pneumatiques :

Supposons un essieu portant 4000 kg de poids total $P_T$
dont 1500 — mort $P_M$
et 2500 — utile $P_U$

Chaque ressort portera 1/2 des charges ci-dessus;

Chaque amortisseur monté en bout des ressorts portera 1/4 des charges ci-dessus:

soit 1000 kg $P_T$
375 — $P_M$
625 — $P_U$

soient $h$, $h'$, $h''$, $h'''$, les hauteurs des volumes d'air sous diverses charges, les différences avec la hauteur primitive $h$ donnent les courses, pénétrations ou flexions sous ces mêmes charges.

Digitized by Google

Dans l'hypothèse ci-dessus nous aurons sous 375 kg de charge utile :

$$\frac{h}{h'} = \frac{750}{375} = 2,\ h' = 1/2h,\ c = h - h' = 0{,}5h;$$

sous 625 kg de charge utile :

$$\frac{h}{h'} = \frac{1000}{375} = 2{,}66,\ h'' = \frac{1}{2{,}66}h,\ c = h - h' = 0{,}625h;$$

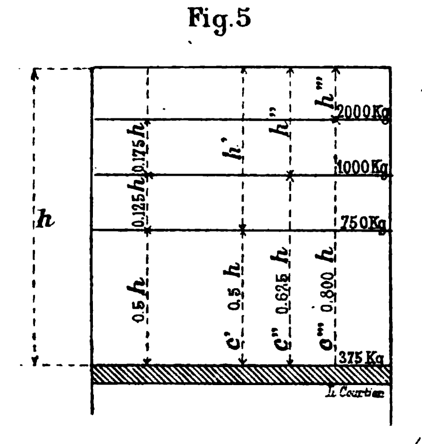
sous 2000 kg ou choc :

$$\frac{h}{h'''} = \frac{2000}{375} = 5{,}32,\ h''' = \frac{1}{5{,}32}h,\ c = h - h''' = 0{,}800h;$$

de 375 à 750 kg la course est 0,500$h$
de 375 à 1000 — 0,625$h$ accroissement de course $(0{,}625 - 0{,}5)h = 0{,}125h$
de 375 à 2000 — 0,800$h$ — $(0{,}8 - 0{,}615)h = 0{,}175h$

Dans le cas de la plus forte charge, les ressorts métalliques sont dans de bonnes conditions, les amortisseurs n'ont donc à fléchir que de petites quantités, ils agissent pour augmenter la flexion totale et pour atténuer les chocs, vibrations ou trépidations.

Fig.5




Dans les cas généraux des charges réduites, tout en conservant leur effet utile contre les chocs et vibrations, on voit leur influence précieuse pour augmenter de quantités notables la flexion des ressorts métalliques, lorsque ceux-ci ne peuvent fléchir que de petites quantités.

Donnons maintenant des valeurs numériques aux flexions.

Supposons un ressort chargé dans les conditions suivantes :

Poids total $P_T = 2000$ kg $= 750P_M + 1250P_U$, soit 6 mm la flexibilité de ce ressort sous 100 kg de charge ;

à pleine charge la flexion sera $20 \times 6 = 120$ mm;
à vide — la flexion sera $7{,}5 \times 6 = 45$ mm.

Une charge de 700 kg utiles occasionnera une flexion propre

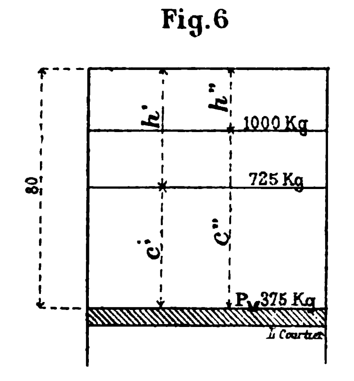
Digitized by Google

de $7 \times 6 = 42$ mm; la flexion, eu égard au poids mort sera $7,5 \times 6 + 7 \times 6 = 45 + 42 = 87$ mm.

Voyons maintenant :

1° Ce que deviennent ces flexions si l'on ajoute des amortisseurs pneumatiques ;

Fig. 6




2° Ce que serait la flexibilité des ressorts métalliques dans un montage avec amortisseurs pneumatiques si la plus grande flexion possible à pleine charge était de 120 mm comme dans l'exemple ci-dessus.

1° Si la hauteur de la chambre de compression de l'appareil correspondant à un essieu portant 4 000 kg est de 80 mm :

$$h' = 80 \frac{375}{725} = 41,5, \quad c' = 80 - 41,5 = 38,5;$$

$$h'' = 80 \frac{375}{1000} = 30 \quad c'' = 80 - 30 = 50.$$

La flexion sera donc augmentée de :

| | | |
|---|---|---|
| à pleine charge | 50 mm | $120 + 50 = 170$; |
| à vide. . . . . | 0 | 45 |
| sous 700 kg utiles | 38,5 | $45 + 42 + 38,5 = 125,5$. |

Les accroissements de flexion totale sont donc :

$$\text{à pleine charge 50 sur 120, soit } \frac{50}{120} = 41,5 \ 0/0,$$

$$\text{sous 700 kg utiles 38,5 sur 86, soit } \frac{38,5}{87} = 44,5 \ 0/0.$$

Pour les flexions dues aux charges utiles, il faut déduire la flexion sous poids mort et on a alors :

$$\text{à pleine charge 50 sur 75, soit } \frac{50}{75} = 66,5 \ 0/0,$$

$$\text{sous 700 kg utiles 38,5 sur 42, soit } \frac{38,5}{42} = 91,5 \ 0/0.$$

Pour une charge très réduite, 200 kg par exemple, on aur

Digitized by Google

avec les ressorts métalliques seuls, 12 mm de flexibilité; si on ajoute les amortisseurs

$$h''' = 80 \frac{375}{475} = 63, \ c''' = 80 - 63 = 17 \text{ mm},$$

$$\text{sous 200 kg utiles 17 sur 12, soit } \frac{17}{12} = 142 \ 0/0.$$

2° Les amortisseurs fléchissent de 50 mm sous la plus grande charge; les ressorts devront donc fléchir de la plus grande flèche admise, diminuée de 50 mm :

$$120 - 50 = 70 \text{ mm}.$$

La flexibilité à donner sera :

$$\frac{70}{20} = 3{,}5 \text{ au lieu de 6 mm.}$$

Dans ces conditions, sous 700 kg de charge utile par ressort, ceux-ci fléchiront de

| | |
|---|---|
| | (7,5+7) 3,5 = 50,75 |
| les amortisseurs fléchissent de | 38,50 |
| la flexion totale sera. . . . . | 89,25 |

légèrement supérieure à ce qu'elle était avec des ressorts métalliques seuls de 6 mm de flexibilité. Il est donc possible, par l'addition d'amortisseurs pneumatiques, d'augmenter notablement la flexion des suspensions ou bien de diminuer la flexibilité des ressorts (si l'on est très limité dans la course de l'essieu); c'est-à-dire d'employer des ressorts de dimensions et de poids moindres, ou, à dimensions égales, d'avoir des ressorts plus résistants, travaillant plus loin de leur limite élastique.

Il résulte aussi de ce qui précède que, plus la flexibilité des ressorts métalliques est faible, plus l'action des amortisseurs est importante. L'application sur les poids lourds semble donc plus téressante; cependant, au point de vue chocs, vibrations et épidations, et résistance variant avec les charges, l'effet est généıl et aussi bien obtenu sur les voitures légères que sur les ɔitures lourdes.

On peut représenter graphiquement les résultats obtenus par 'adjonction des amortisseurs pneumatiques.

Digitized by Google

Portons en abscisses les charges et en ordonnées les flexions, et prenons par exemple :

100 kg comme unité de charge;

10 mm comme unité de flexion.

FLEXIONS SANS AMORTISSEURS.

| | | |
|---|---|---|
| A vide. . . . . . . . . . . . . . . . | $7,5 \times 6 =$ | 45 mm |
| Sous 700 kg utiles . . . . | $45 + 6 \times 7$ ou $42 =$ | 87 |
| Sous 1 250 kg utiles . . . | $45 + 6 \times 12,5$ ou $75 =$ | 120 |

FLEXIONS AVEC AMORTISSEURS PNEUMATIQUES.

| | | |
|---|---|---|
| A vide . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 45 mm |
| Sous 700 kg utiles . . . . | $45 + 42 + 38,5 =$ | 125,5 mm |
| Sous 1 250 kg utiles . . . . | $45 + 75 + 50 =$ | 170 mm |

Les accroissements de la flexion dus aux charges utiles sont donc des valeurs importantes :

$$38,5 \text{ sur } 42, \text{ soit } \frac{38,5}{42} = 91,5\ 0/0;$$

$$50 \text{ sur } 75, \text{ soit } \frac{50}{75} = 66,5\ 0/0.$$

Le graphique ci-contre montre bien que l'on peut augmenter sensiblement la flexion des ressorts par l'addition des amortisseurs pneumatiques, ou bien, à flexion égalé, diminuer les dimensions des ressorts.

Voyons sur ce graphique ce que donneraient des ressorts de plus grande flexibilité ayant sous plus grande charge la même flexion, entre 0 et 2 000 kg, que le montage avec amortisseurs.

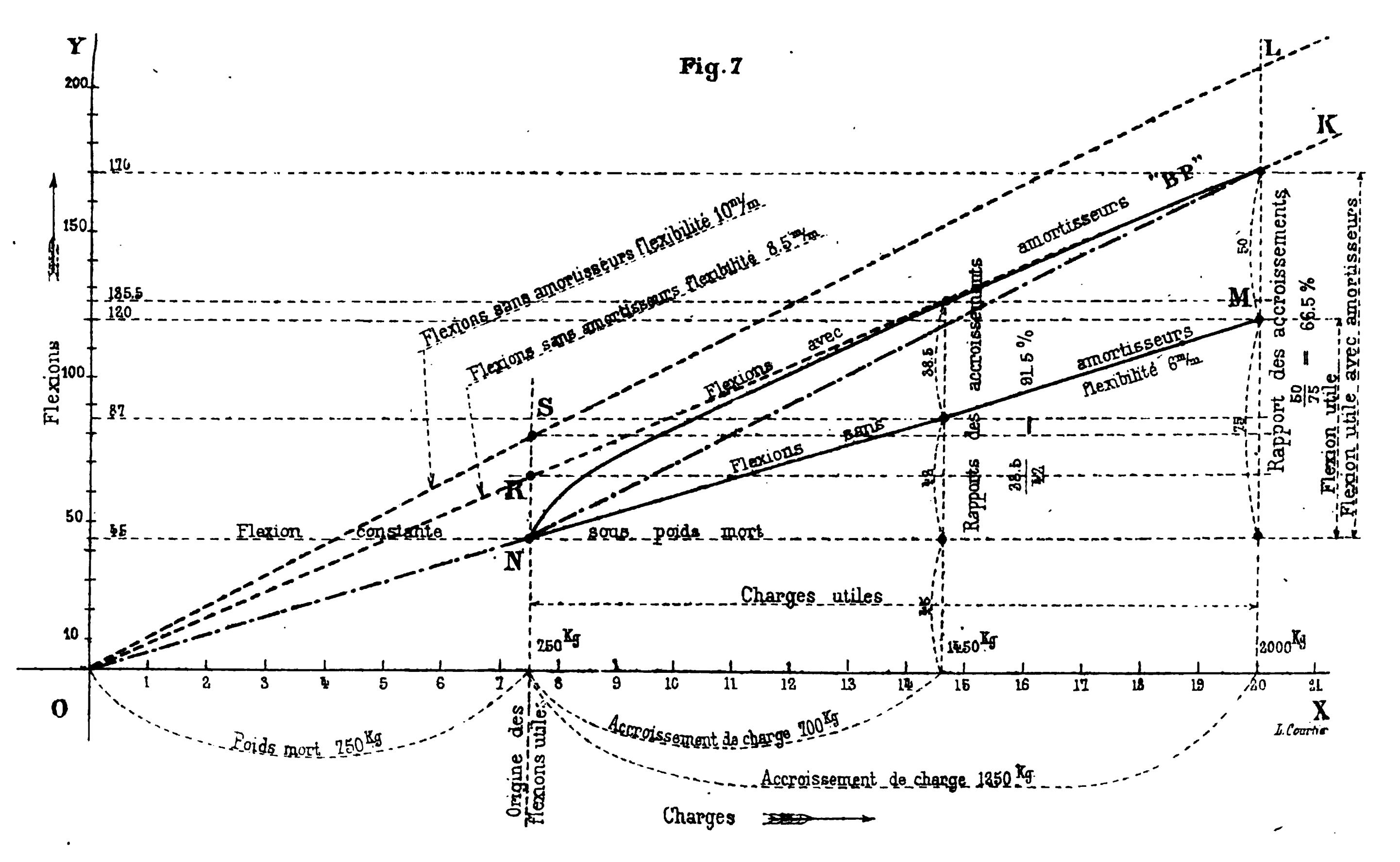
Soit OK la courbe des flexions des ressorts dans ces conditions. On suppose alors que l'augmentation des dimensions et poids des ressorts et l'augmentation de longueur du châssis ou la diminution de l'empattement qui peut en résulter puissent être admises pratiquement.

Considérons, par exemple, une charge utile de 700 kg. L'accroissement de flexion, au-dessus de la flexion due au poids mort, sera :

Avec les amortisseurs pneumatiques, $42 + 38,5 = 80,5$.

Digitized by Google

Fig. 7




Graphique des augmentations de la flexion pour ressort portant $P_T = 2\,000$ kg $= P_M\ 750 + P_U\ 1\,250$ et 6 m/m de flexibilité.

Digitized by Google

Sans amortisseurs, avec ressorts dont la courbe des flexions est OK, l'accroissement de flexion sera $7 \times f'$ (flexibilité nouvelle).

Or $$f' = \frac{170}{20} = 8{,}5 \text{ mm}, \quad 7 \times 8{,}5 = 59{,}5.$$

La différence des flexions dans les deux cas est :

$$80{,}5 - 59{,}5 = 21 \quad \text{soit } \frac{21}{59{,}5} = 35\ 0/0$$

de plus de flexibilité avec les amortisseurs.

Toutes autres conditions égales d'ailleurs, la longueur des ressorts de 8,5 mm de flexibilité aurait été, en admettant 1,400 m pour ressorts de 6 mm :

$$L' = 1{,}4 \sqrt[3]{\frac{8{,}5}{6}} = 1{,}58 \text{ m}$$

(les flexibilités étant proportionnelles aux cubes des longueurs).

La ligne OK est la courbe des flexions d'un ressort dont l'ordonnée entre 0 et 2000, correspondant à la plus grande charge, est la même que celle de la combinaison avec appareils pneumatiques; en pratique, ce qui est intéressant, c'est la *flexion utile*, c'est-à-dire la flexion due au *poids utile*; cherchons donc la flexibilité et la longueur du ressort donnant même *flexion utile* en plus forte charge, car, en charges réduites, il y aura toujours avantage à la combinaison avec ressorts à air.

Joignons NK et par le point O menons OL parallèle à NP, OL est la courbe des flexions du ressort cherché.

La flexibilité est

$$\frac{75 + 50}{P_T - P_M} = \frac{125}{12{,}50} = 10 \text{ mm}.$$

Il faudrait donc un ressort de 10 mm de flexibilité au lieu de 6 mm.

Toutes conditions égales d'ailleurs, la longueur de ce ressort serait :

$$L'' = 1{,}4 \sqrt[3]{\frac{10}{6}} = 1{,}66 \text{ m au lieu de } 1{,}40 \text{ m.}$$

En charges réduites, les augmentations de flexion sont do nées par la partie des ordonnées comprise entre NK et la courl de flexion des ressorts à air.

Digitized by Google

Indépendamment de la valeur absolue des flexions, il est aussi intéressant de connaître les temps dans lesquels les flexions ou rapprochements de l'essieu et du châssis s'effectuent. La forme de la courbe des flexions dans laquelle les temps seraient portés en abscisses a aussi son importance; l'origine de la courbe dépend des résistances passives qui sont moindres avec les amortisseurs.

Il semble donc y avoir un avantage assez important en faveur du montage avec amortisseurs; d'autre part, ces appareils donnent toujours la plus petite résistance possible au fléchissement, l'air étant un corps de très faible masse et sans cohésion, et cette résistance est proportionnelle à la charge agissante, bonnes conditions pour atténuer les chocs, vibrations et trépidations.

L'application des amortisseurs pneumatiques est simple et le montage facile.

Les installations existantes ont montré que l'entretien était très peu de chose.

Un des résultats constatés, et dont la cause peut être la bonne adhérence constante des roues avec le sol, est l'atténuation sensible du dérapage.

L'examen qui précède peut attirer de nouveau l'attention sur l'importance que présente la question de la suspension des véhicules dans l'économie générale des transports, tant pour l'exploitation, le matériel et la traction que pour les voies de communication, et nous espérons avoir indiqué une solution intéressante, principalement en ce qui concerne les véhicules industriels.

---

Digitized by Google

# COMPTE RENDU

DU

# CONGRÈS DES MÉTHODES D'ESSAIS

DES

# MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

## BRUXELLES 1906

PAR

**M. L. GUILLET**

---

Je viens vous rendre compte de la mission qui m'avait été confiée par notre Comité, lequel m'a chargé de représenter la Société des Ingénieurs Civils de France au Congrès de l'Association Internationale des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction qui s'est tenu à Bruxelles du 3 au 8 septembre 1906.

Je tiens tout d'abord à remercier notre Président et notre Comité de l'honneur qu'ils ont bien voulu me faire.

Peut-être n'est-il pas inutile de vous rappeler ce qu'est l'Association Internationale des Méthodes d'Essais.

De tous temps, l'essai des matières premières, le contrôle de leurs qualités, a justement préoccupé fabricants et consommateurs; cependant, il y a cinquante ans à peine, les essais n'étaient régulièrement employés que par les grandes administrations.

En France, le Ministère des Travaux publics s'est ému des divergences qui existaient dans les méthodes de réception et, en novembre 1891, M. Yves Guyot, alors Ministre des Travaux publics, créa une Commission des Méthodes d'Essais qui fonctionna pendant plusieurs années et dont le but était « de formuler les règles uniformes à adopter dans l'essai des matériaux » (1).

D'autre part, un savant professeur du Polytechnicum de Zurich, Tetmajer, comprit toute l'importance de la question, et chercha à coordonner, améliorer et simplifier les méthodes existantes.

(1) Termes du décret présidentiel du 9 novembre 1891

Digitized by Google

Dans le laboratoire qu'il avait créé en 1880 à Zurich et dont la réputation est universelle, Tetmajer se fit rapidement un nom dans cette voie. En 1895, une Commission permanente d'Essais des Matériaux devait se réunir à Zurich ; la mort de Bauschinger (1893) appela à la présidence de cette Commission le professeur Tetmajer. En septembre 1895, au lieu de la conférence ordinaire, eut lieu un véritable congrès d'où est née l'Association Internationale des Méthodes d'Essais. Cette Association, dont le but est de définir, réglementer, analyser les différentes méthodes d'essais des matériaux de construction, compte, à l'heure actuelle, un très grand nombre de membres. Elle est dirigée par un Comité Directeur qui a un membre appartenant à chacun des principaux pays affiliés. Pour la France, le membre du Comité Directeur est M. le Professeur Mesnager, Directeur du Laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées; il a succédé, il y a deux ans, à M. le Professeur Henry Le Chatelier que ses nombreuses occupations absorbaient de plus en plus.

D'ailleurs, des sections ont été créées dans différents pays, et la Section française est assurément l'une des plus importantes, tant par le nombre de ses membres que par l'importance de ses travaux.

L'Association a déjà tenu trois Congrès : Zurich (1895), Stockholm (1897) et Budapest (1901). Elle devait tenir un Congrès à Saint-Pétersbourg en 1904; mais les événements russo-japonais ne l'ont pas permis. Ce Congrès a été renvoyé en 1906 et s'est tenu à Bruxelles sous la présidence de M. Berger, de Vienne, président par intérim.

En effet, l'Association a été vivement éprouvée par la perte du Professeur Tetmajer, mort à cinquante-six ans, pendant l'une des leçons qu'il faisait à l'École Polytechnique de Vienne, où il avait été appelé en 1901.

Le Comité d'organisation du Congrès était présidé par M. Greiner, l'éminent directeur général des Établissements Cockerill.

A la séance d'ouverture, et en dehors des discours d'usage, M. Schüle, professeur à l'École Polytechnique de Zurich, a prononcé un discours résumant la vie et les travaux du professeur Tetmajer. D'autre part, le baron de Laveleye, secrétaire général du Comptoir des Aciéries belges, a donné un aperçu historique de la sidérurgie belge, et M. Camermann, chimiste du Chemin de fer de l'État belge a présenté un court rapport sur l'Industrie des Chaux et des Ciments.

Digitized by Google

Le Congrès s'est ensuite divisé en trois sections :

La section A s'occupait des métaux ;

La section B des ciments et des pierres ;

La section C des autres matières, telles que caoutchouc, huiles de graissage, bois.

C'est de la section des métaux que nous allons vous entretenir spécialement. Nous insisterons à la fin sur le laboratoire qui a fonctionné pendant le Congrès.

## SECTION DES MÉTAUX

La Section des Métaux a été présidée par M. Magery, ancien Directeur des Aciéries de la Rothe-Erde, Administrateur des Aciéries de la Marine et d'Homécourt.

Quelques questions ont été l'objet de rapports détaillés et de longues discussions. Nous les passerons d'abord en revue dans l'ordre suivant :

1° Essais au choc sur barreau entaillé;
2° Essais à la bille de Brinell;
3° Essais macroscopiques et microscopiques;
4° Méthodes d'essais diverses;
5° Aciers spéciaux;
6° Soudure des métaux.

D'autre part, divers mémoires présentés n'ont pas pu être discutés, soit faute de temps, soit absence de l'auteur.

Nous résumerons les principaux.

Enfin nous donnerons les conclusions présentées par les diverses Commissions.

### Essais au choc sur barreau entaillé.

Ces essais ont déjà fait l'objet d'une communication à la Société des Ingénieurs Civils (1). Je vous en rappellerai le principe : *on rompt au choc par flexion et en un seul choc un barreau entaillé sur la face opposée au choc.* De cette façon, on peut briser la barrette en un seul coup de mouton, l'entaille ayant eu pour effet de déterminer une zone de fragilité.

(1) Charpy.

Digitized by Google

Il y a donc deux points à considérer : la préparation de la barrette, la mesure de l'énergie consommée par le barreau pour se rompre.

Différentes propositions ont été faites, il y a plusieurs années, au sujet de la grandeur de la barrette, de la forme et de la profondeur de l'entaille.

M. Frémont utilise de petites éprouvettes de 8 mm d'épaisseur entaillées à la scie sur 1 mm de profondeur et 1 mm de largeur. M. Charpy a proposé l'utilisation d'éprouvettes ayant 20 mm × 20 mm, ou 30 mm × 20 mm, ou encore, pour les tôles, 20 mm sur l'épaisseur de la tôle.

Enfin, M. Mesnager a proposé récemment une éprouvette ayant 10 × 10 × 60.

L'entaille a une grande importance : M. Le Blant a proposé une entaille aiguë, qui accentue la fragilité ; M. Frémont, une entaille de 1 mm × 1 mm avec fond carré, mais angles arrondis ; M. Charpy pratique une entaille à fond arrondi intéressant la moitié de l'épaisseur du barreau. Enfin, dans l'éprouvette de M. Mesnager, l'entaille a 2 mm × 2 mm.

Comme l'a montré M. Barbier dans une courte communication au Congrès de Bruxelles, la largeur et la profondeur de l'entaille sont seules intéressantes et la forme même peut supporter de légères variations.

Les principaux appareils proposés pour l'essai au choc sur barrettes entaillées sont : le mouton de M. Frémont, le pendule de M. Charpy, le volant de M. Guillery. Dans tous ces appareils, on mesure la force vive résiduelle de l'appareil après le choc. Comme on connait la force vive initiale, on en déduit celle consommée par le barreau.

Dans l'appareil de M. Frémont, on enregistre cette force vive au moyen de ressorts qui absorbent la force résiduelle après le choc sur l'éprouvette.

Dans l'appareil de M. Charpy, qui est constitué par un pendule tombant d'une certaine hauteur, on mesure la hauteur à laquelle le poids se relève après le choc. Connaissant la hauteur de chute, la perte de force vive par les frottements, on en déduit le nombre de kilogrammètres consommé par le barreau pour se rompre.

Dans l'appareil de M. Guillery, que nous décrirons plus loin en détails, on mesure la vitesse initiale d'un volant (lequel porte un couteau qui brise l'éprouvette) et sa vitesse après le choc.



Digitized by Google

La question de la fragilité et de l'essai sur barreau entaillé avait déjà fait l'objet, en 1903 au Congrès de Budapest, d'une longue discussion ; on sentait déjà que les producteurs étaient, pour la plupart, opposés à cette méthode d'essais, tandis que les consommateurs voyaient la nécessité d'un nouveau moyen d'investigation leur permettant de se mettre à l'abri d'un gros défaut, la fragilité, lequel n'est pas mis en vue par les essais ordinaires, notamment l'essai de traction.

C'est là, en effet, le point capital qui a été combattu par de bien rares personnes durant ces dernières années : l'essai au choc — et surtout l'essai au choc sur barrettes entaillées — met en vue une qualité qui échappe dans les autres essais; la non-fragilité, qualité qui est particulièrement importante dans la plupart des utilisations des produits métallurgiques. Je n'entrerai pas dans le détail même des essais qui ont établi ce fait; je renverrai au volume que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a publié sur les essais de fragilité.

A quoi peut-on attribuer les craintes des producteurs ?

On peut en donner deux raisons : l'une est absolument générale : l'entrée d'une clause nouvelle dans les cahiers des charges, clause qui n'est peut-être pas encore assez précise; d'autre part, la méthode d'essais en question indique trop les défauts locaux des pièces, l'hétérogénéité, soit chimique, soit physique.

Tel était l'état de la question au moment du Congrès de Bruxelles. Nous allons voir qu'elle a fait un pas en avant et que l'on peut espérer que le prochain Congrès qui se tiendra à Copenhague en 1909 solutionnera la question.

Le rapport sur la question des essais au choc sur barreaux entaillés a été confié à M Sauvage, ingénieur en chef des Mines, ingénieur en chef à la Compagnie de l'Ouest.

Les conclusions de ce rapport sont les suivantes :

Pour les essais au choc de barreaux entaillés, on dispose de plusieurs appareils simples et pratiques, d'une exactitude suffisante. Ces divers appareils donnent des résultats comparables et peuvent être employés indifféremment.

Les nombreuses expériences exécutées ne paraissent pas avoir indiqué une supériorité bien marquée de l'un des divers procédés employés pour l'essai au choc des barreaux entaillés; on ne peut donc recommander un de ces procédés à l'exclusion des autres.

Digitized by Google

Les barrettes avec entailles arrondies et avec entailles aiguës ne donnent pas les mêmes résultats à l'essai ; mais une extrême précision dans la forme de l'entaille ne paraît pas de très grande importance ; c'est ainsi que les entailles faites à la scie, sans précautions minutieuses, paraissent convenir dans bien des cas.

Loin de voir un procédé spécial s'imposer à l'exclusion des autres, on constate une tendance à considérer de nouveaux éléments dans les essais au choc de barreaux entaillés, tels que l'angle de pliage après rupture, la déformation de la section transversale rompue. On commence aussi à faire usage de nouvelles méthodes d'expérience, telles que l'essai au choc longitudinal sur barrettes entaillées.

Les valeurs numériques du travail de rupture en kilogrammètres par cm² à exiger au minimum pour chaque qualité d'acier, n'ont pas encore été parfaitement déterminées en pratique, et ces valeurs ne figurent qu'exceptionnellement dans le cahier des charges.

Mais il semble que les essais au choc sur barreaux entaillés aient pris une certaine importance comme essais intérieurs d'usine, sur les métaux en cours de fabrication et aient ainsi contribué à l'amélioration des produits.

D'autre part, M. Mesnager, ingénieur des Ponts et Chaussées, directeur du Laboratoire des Ponts et Chaussées de Paris, a donné les résultats des très nombreux essais qu'il a faits à ce laboratoire.

En voici les très intéressantes conclusions :

1° Les écarts dans les résultats sont en général moindres avec les grosses éprouvettes à entaille cylindrique, qu'avec les petites ;

2° On peut relier le nombre de kilogrammètres par cm² de la section à rompre, aux angles de déformations exprimés en degrés par les relations suivantes :

Petites éprouvettes définies ci-dessus. . $K = 0{,}375\,D$

Grandes éprouvettes . . . . . . . . . . $K' = 1 + 0{,}58\,D'$

3° On peut, par suite, substituer à la mesure du travail absorbé par la rupture, la mesure de l'angle de rupture ;

4° On peut relier les résistances à la traction, exprimées en

Digitized by Google

kilogrammètres par mm², aux angles de rupture et aux kilogrammètres par cm², par les relations approximatives :

Petites éprouvettes . . $R + 2{,}66\,D = 95$ $R + 7{,}1\,K = 95$.
Grandes éprouvettes . $R' + 1{,}72\,D' = 87$ $R' + 3{,}0\,K' = 90$.

5° Un métal soufflé parait donner un travail de rupture supérieur à un métal sain ;

6° Avec des métaux homogènes, les grosses éprouvettes donnent des résultats d'une régularité remarquable;

7° L'entaille terminée par un cylindre de 4 mm de diamètre faite au foret et l'entaille à la fraise donnent les mêmes résultats sensiblement ;

8° De petites variations dans la portée et la hauteur de l'éprouvette ont peu d'influence sur le résultat des essais, si la section à rompre ne change pas. Au contraire, la largeur de l'entaille a une grosse influence.

De son côté, M. Charpy a décrit les appareils qu'il utilise et les résultats qu'il a obtenus. Nous retiendrons spécialement les influences de la profondeur de l'entaille, de la forme de l'entaille et de la vitesse au choc.

Il semble que, toutes choses égales d'ailleurs, la profondeur de l'entaille a peu d'influence, pourvu qu'elle soit notablement supérieure au rayon de l'arrondi du fond de l'entaille. Une taille aiguë n'a donc pas besoin d'être profonde, avec une entaille arrondie il suffira de prendre une profondeur égale au diamètre de l'arrondi.

Les circonstances de l'essai (vitesse au choc, forme de l'entaille) modifient la valeur absolue observée pour la résilience d'un même métal, mais ne paraissent pas modifier sensiblement les valeurs relatives des résiliences (1) de plusieurs métaux.

M. Drouginine, professeur à l'Institut Polytechnique de Saint-Pétersbourg, a combattu la méthode Ast-Barba, qui consiste à faire agir le mouton sur un barreau entaillé placé en porte à faux; dans cette méthode, l'entaille est faite sur la face qui reçoit le choc et se trouve à la naissance de la partie encastrée.

M. Drouginine prétend que cette méthode doit s'appliquer

(1) M. Breuil a présenté, en 1904, à l'Iron and Steel Institute, un travail ayant pour titre « Contribution à l'étude des relations entre les effets des sollicitations lentes et ceux des sollicitations vives, dans le cas des métaux ferreux. » Il est arrivé à la conclusion suivante: il y a simulitude des effets dus aux actions lentes et brusques et, par suite, les essais sur barrettes entaillées ne sont pas destinés à supplanter les essais de traction.

Digitized by Google

sur barreaux courts simplement posés sur appuis. Enfin, le dernier rapport présenté sur ce sujet par M. Snyders, lieutenant-colonel d'État-Major du génie et M. Hackstroh, capitaine d'État-Major du génie de l'armée hollandaise, combat la méthode d'essais sur barreaux entaillés. Les auteurs se basent sur ce que les essais pratiqués sur des barreaux tirés de plaques de blindage ont donné des résultats mauvais, tandis qu'au tir, ces plaques ont donné des résultats excellents.

La discussion qui s'est ouverte ensuite a été fort longue. M. Henry Le Châtelier a pris le premier la parole pour demander que le Congrès discute et fixe les conditions d'essais sur barreaux entaillés; ce savant montre les progrès considérables faits par la question depuis le dernier Congrès et désire que l'on discute une série de motions ayant pour objet de délimiter les points définitivement acquis sur les essais de fragilité et montrant, au contraire, les points sur lesquels planent encore les doutes, et pour lesquels il serait nécessaire de faire des expériences.

Nous insistons spécialement sur l'importance que présente l'essai au choc sur barrettes entaillées pour définir l'homogénéité physique ou chimique du métal et réciproquement sur la nécessité dans laquelle on se trouve de se bien placer dans des circonstances analogues, notamment au point de vue du traitement thermique, lorsqu'on veut comparer les résultats pratiques d'une pièce et les résultats de l'essai sur barreaux entaillés. Nous croyons que c'est là la cause des résultats trouvés par MM. Snyders et Hackstroh.

Nous rappelons l'expérience que nous avons exposée, il y a quelques années, à la section française de l'association: une barre d'acier doux a donné, brut de laminage, des résultats variant entre 0 et 36 kgm, dans l'essai Frémont, la même barre trempée dans l'eau à 1 000 degrés a donné des résultats variant entre 32 et 36 kgm. C'était bien le métal et non la méthode qui devait être accusée.

D'autre part, il est bien certain que les essais au choc sur barrettes entaillées donnent un renseignement nouveau, que l'on ne trouve pas dans les autres essais ; nous citerons comme exemples les aciers à haute teneur en chrome (aciers à carbure double) qui, bien que possédant des allongements moyens (1.5 0/0 environ), sont extraordinairement fragiles (0 kgm) sur barrettes Frémont.

Digitized by Google

M. Saladin demande que l'on continue les essais.

M. Sauvage montre l'inconvénient du *statu quo* demandé par M. Saladin; si l'essai sur barreau entaillé ne figure actuellement dans aucun cahier des charges, de très nombreux constructeurs l'appliquent pour connaître exactement la qualité du métal utilisé; ils ne peuvent refuser le métal fragile, mais ils l'utilisent à contre-cœur, s'ils ne trouvent pas une transaction avec le fournissseur.

Après diverses observations, notamment de M. Breuil (1), on a discuté un ordre du jour que nous avons présenté et qui comprenait deux parties distinctes : dans la première, nous demandions que le Congrès affirme le très grand intérêt de cette méthode d'essais sur barreaux entaillés, dans la seconde que cette méthode soit introduite de plus en plus dans les cahiers des charges, au moins à titre documentaire.

La discussion fut très vive et très intéressante; on sentit tout de suite que toute la réunion était bien d'accord pour constater l'intérêt de la méthode; mais on vit aussi se former deux camps bien distincts : celui des producteurs, avec notamment M. Magery et M. Saladin; celui des constructeurs, à la tête duquel se trouvaient les ingénieurs des marines française et belge ; ceux-ci ont insisté sur les services que leur a rendus cette méthode.

M. Martens, le savant directeur du laboratoire de Charlottenburg, demande que le vote ait lieu séparément sur les deux parties du vœu proposé. La première partie est adoptée à l'unanimité, la seconde est annulée par 43 voix pour et 43 voix contre, plus un certain nombre d'abstentions.

Comme l'a fait remarquer M. Henry le Chatelier (*Revue de Métallurgie, octobre 1906*) « cette discussion a fait faire un grand pas à la question des essais de fragilité en montrant que tout le monde aujourd'hui reconnaissait leur utilité, aussi bien les fabricants d'aciers que les constructeurs : ce n'était pas le cas lors du dernier Congrès de Budapest. Il ne reste plus qu'à trouver un mode d'application de cet essai qui n'apporte pas, pendant la période de transition, une trop grande perturbation au travail des aciéries ; sur cette nécessité, tout le monde est également d'accord. »

Digitized by Google

## Essais à la dureté par la méthode Brinell.

On sait que la méthode indiquée par M. Brinell, alors directeur des usines Fagersta en Suède, pour mesurer la dureté d'un produit métallurgique, consiste à faire à la surface du métal étudié une empreinte avec une bille de diamètre déterminé, et cela, sous une pression connue. On mesure le diamètre de la section, d'où on conclut la surface *a* de la calotte sphérique formant l'empreinte; Δ, le chiffre de dureté de Brinell est donné par la relation :

$$\Delta = \frac{p}{a}$$

Mais le point le plus intéressant réside dans la relation qui existe entre cet essai et celui de traction.

M. Brinell a établi que, notamment pour les aciers d'une teneur en carbone inférieure à 0,800 0/0, il existe un rapport déterminé entre le chiffre de dureté et la résistance du métal à la traction.

Il a indiqué que pour les métaux qu'il a utilisés et qui provenaient des usines de Fagersta, on peut obtenir la résistance à la rupture à la traction, en multipliant le chiffre de dureté par le coefficient 0,346.

Inutile de faire remarquer l'importance de cette remarque, qui donnerait une méthode très simple et fort peu coûteuse pour déterminer la charge de rupture. De plus, cette méthode peut s'appliquer aisément sur une pièce sans la détériorer et sans nécessiter l'opération coûteuse et longue de la préparation d'une éprouvette.

Au Congrès de Bruxelles, M. Brinell, qui est maintenant ingénieur en chef au Jernkontoret et M. Gunmar Dillner, directeur de la station royale d'essai des matériaux à Stockholm, étaient chargés du rapport officiel.

Dans la première partie de leur rapport, les auteurs examinèrent le mode d'exécution de l'essai par billes. Ils rappellent d'abord que M. Brinell a utilisé, dans ses premiers essais, une ression de 3000 kg, et une bille d'acier de 10 mm de diamètre t que, d'autre part, on a noté que pour un même acier, on ouvait augmenter le chiffre de dureté, soit en employant une us petite bille sous une pression invariable, soit en augmentant pression pour un même diamètre de bille.

Digitized by Google

Ils passent ensuite en revue les nombreux essais qui ont été faits par cette méthode, depuis le dernier Congrès : M. Bénédicks a étudié l'influence des conditions de l'essai par billes sur le degré de dureté, il conclut que :

1° On obtient pour un métal déterminé un chiffre de dureté constant, en multipliant le chiffre de dureté calculé d'après la méthode de Brinell, par la racine cinquième du rayon de la courbure de la bille.

2° On obtient des chiffres de dureté comparables entre eux pour les différents produits métallurgiques, si on les détermine tous, d'après la méthode originale de Brinell, c'est-à-dire pour une même pression.

Quelques essais ont été pratiqués par différents auteurs pour voir la relation qui existe entre les essais de bille statistique et les essais de bille par choc, ceux-ci présentant un intérêt pour les pièces qui sont trop volumineuses pour être apportées sous une presse. Il ne semble pas y avoir concordance entre les deux chiffres. Cependant, des essais pratiqués par M. Ross tendent à montrer l'existence d'une relation entre les deux chiffres.

Une série très importante d'expériences ont été faites en vue de déterminer le rapport entre le chiffre de dureté et la charge de dureté par traction.

Tout d'abord, M. Dillner a cherché si le coefficient déterminé par M. Brinell était susceptible de s'appliquer à tous les aciers suédois; les essais ont porté sur des aciers d'une teneur en carbone variant de 0,1 à 1,2 0/0. On a trouvé des différences assez importantes; mais l'on a pu adopter les coefficients suivants :

| | Effort perpendiculaire au sens du Laminage. | Effort parallèle au sens du Laminage. |
|---|---|---|
| Chiffre de dureté inférieur à 175 . | 0,362 | 0,354 |
| Chiffre de dureté supérieur à 175 . | 0,344 | 0,324 |

En appliquant ces coefficients aux recherches faites par M. Charpy, on a trouvé une grande concordance avec les essais de traction.

Quant à l'emploi de la méthode pour déterminer la limite élastique, il ne saurait être conseillé. On obtient un écart de 10 à 20 0/0 ; c'est ce qui découle des essais de M. Dillner d'une

Digitized by Google

part, des essais de M. Breuil d'autre part; ces derniers essais ont fait l'objet d'un mémoire spécial.

Dans la dernière partie de leur rapport, MM. Brinell et Dillner passent en revue les différents appareils que l'on peut utiliser pour l'essai à la bille : appareil Martens dans lequel on mesure la pression au moyen d'une membrane enregistrante, appareil de la Société Alpha de Stockolm qui est constitué par une presse hydraulique dont le piston dirigé vers le bas porte la bille d'acier, appareil Guillery, sur lequel nous reviendrons ultérieurement. Quant à la mesure du diamètre de l'empreinte, elle peut se faire, soit par un microscope à déplacement, soit, comme l'a proposé M. Le Chatelier, au moyen d'une règlette que nous décrirons plus loin.

La discussion qui a suivi le résumé de ces rapports a été relativement courte. M. Henry Le Chatelier a demandé au Congrès d'émettre le vœu que, dans les cahiers des charges, on remplace, à l'avenir, la ténacité par une clause relative au nombre de dureté ; on continuerait à conserver les conditions relatives à l'allongement ou à la striction, du moins jusqu'au moment où l'on serait fixé sur la solution définitive de l'essai de fragilité.

M. Pérot, directeur du laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, a combattu cette proposition et, sur sa demande, un vœu a été adopté, demandant que l'on fasse, aussi souvent que possible et à titre documentaire, des essais de dureté parallèlement aux essais de ténacité.

Il reste encore, en effet, à expliquer quelques résultats peu concordants ; ceci pourrait être fait au prochain Congrès.

### 3° Macrographie et micrographie.

M. Ast a présenté un rapport d'ensemble sur les travaux internationaux présentés jusqu'ici dans le domaine des recherches macroscopiques du fer. Voici les conclusions de ce travail :

1° Les recherches macroscopiques sur le fer ont été exécutées en Danemark, en Allemagne, en Angleterre, en France, en Norwège, en Autriche-Hongrie, en Suisse et aux États-Unis d'Amérique; cependant elles n'ont pris de l'extension au point de vue pratique qu'en Allemagne, en Autriche-Hongrie et en Suisse. C'est dans ces derniers pays que ce mode d'examen a été cultivé de préférence. Depuis que les recherches microscopiques du fer ont éveillé l'intérêt général dans l'Amérique du Nord, les

Digitized by Google

essais macroscopiques y sont presque tombés dans l'oubli. On avait cru qu'ils seraient un excellent moyen de déterminer la qualité du métal, mais l'incertitude sur les substances dissoutes par la corrosion y laissa la question irrésolue ;

2° On a très souvent recours aux recherches macroscopiques sur le fer dans les laboratoires, dans un but scientifique, comme examen supplémentaire pour déterminer les causes de ruptures du métal ou de son usure anormale. Certains acheteurs s'en servent dans leurs exploitations et quelquefois à la réception dans les forges comme contrôle de la qualité. On s'en sert dans le fer soudé comme contrôle de paquetage. Dans les stations d'essai de Charlottenbourg et de Zurich, la détermination macroscopique de la structure sert d'examen préparatoire aux recherches microscopiques du fer. Dans un grand nombre de forges allemandes et dans quelques forges autrichiennes, on a introduit sur une vaste échelle la méthode de la corrosion comme contrôle de leur fabrication ; les laboratoires de ces forges ont des divisions spéciales à cet effet. Ce procédé est recommandé par la forte majorité des savants dans ce domaine et aussi par les autorités les plus éminentes, comme un excellent complément à la détermination de la qualité du fer fondu. Il est vrai qu'un jugement exercé est indispensable pour pouvoir rendre un verdict sûr ;

3° Les parcelles de fer fondu altérées par des impuretés sont rendues visibles par la corrosion au moyen d'acides, celles qui sont trop carburées deviennent visibles par la corrosion à l'aide d'iode et à l'aide de la solution ammoniacale de chlorure de cuivre. L'aspect des images corrodées permet à un œil exercé de juger de la façon dont le métal se comportera, soit aux essais, soit dans l'exploitation, ainsi que de sa conductibilité électrique. La fragilité à chaud est le défaut le plus saillant des parties du métal altérées par des impuretés. Ce défaut peut, le cas échéant, amener des troubles dans la cohésion du métal et avoir une très mauvaise influence sur son maintien dans l'exploitation. De nombreuses ruptures du matériel n'ont pas d'autre cause ;

4° Un certain nombre d'auteurs ne croient pas les essais de corrosion, dans l'état présent de leur développement, propres à figurer dans les prescriptions sur les livraisons, parce qu'ils conduisent à fonder un jugement sur une appréciation et non sur des chiffres résultant d'expériences, ce qui laisse trop de jeu à la manière de voir individuelle et pourrait conduire à des refus de matériel non fondés de la part d'employés inexpéri-

Digitized by Google

mentés. L'essai par la corrosion est, par contre, un examen préliminaire du matériel, facilitant le choix des éprouvettes destinées aux essais mécaniques.

D'après les rapports qui précèdent, les essais à la corrosion ont été admis :

Dans les prescriptions sur les livraisons de rails de la K. K.-Nordbahn autrichienne, comme contrôle de la suffisance de l'étêtement des lingots, et dans les prescriptions de livraison de lignes américaines, en vue de distinguer le fer fondu du fer soudé et de déterminer dans ce dernier la présence éventuelle de riblons d'acier dans le paquetage.

M. Heyn, de l'Institut Royal d'essai des matériaux, de Berlin, avait été chargé du rapport sur le *procédé de corrosion pour la détermination de la structure macroscopique du fer malléable.*

Après avoir montré que l'acide chlorhydrique, réactif utilisé jusqu'à maintenant, devait être remplacé par une solution aqueuse de chlorure de cuivre ammoniacal, M. Heyn étudie les différentes applications de la macrographie, notamment en ce qui concerne la répartition du carbone (les régions carburées apparaissent en noir), la répartition du phosphore (les régions riches en phosphore prennent une teinte foncée, tirant sur le bronze) et dans différents autres cas (pièces forgées ou laminées, prélèvement des prises d'échantillon en vue de l'analyse chimique).

Le rapport sur la micrographie se compose de deux parties : la première, qui comprenait les progrès de la métallographie, de 1901 à 1904 (date qui avait été fixée pour le Congrès de Saint-Pétersbourg); la seconde allant de 1904 à 1906. MM. Osmond et Cartaud ont écrit la première partie; M. Osmond seul a présenté la seconde.

Il serait difficile de rendre compte de ce travail, qui résume toutes les recherches, si importantes et si nombreuses, qui ont été faites par voie micrographique durant ces dernières années; aucun mémoire ne peut mieux donner idée du mouvement scientifique considérable qui s'est produit en métallurgie durant ces dernières années. Pour en donner une idée, nous énumérerons les principaux mémoires analysés dans le rapport, avec les noms des auteurs.

*Premier rapport.* — Or et argent (Roberts-Austen et Kirke Rose); argent et cuivre (Osmond); fer et nickel (Osmond et Cartaud);

Digitized by Google

fer et cuivre (Stead); plomb et tellure (Fay et Gillson); alliages d'aluminium (Guillet); magnésium cadmium (Boudouard); magnésium-cuivre (Boudouard); fer-soufre (H. Le Chatelier et Ziégler); fer et silicium (Baker); cuivre et antimoine (Badkoff); cuivre et étain (Heycock et Neville); fer et carbone (Stansfield, Charpy et Grenet, etc.); aciers spéciaux ternaires (Guillet); aciers au tungstène (Böhler).

*Deuxième rapport.* — Antimoine et bismuth (Huttner et Tammam); aluminium et étain (Shepherd); or et nickel (Levin); or et et thallium (Levin); magnésium-étain (Grube); magnésium-plomb (Grube); magnésium-aluminium (Grube); magnésium-zinc (Boudouard); tellure-bismuth (Monkemeyer); zinc-antimoine (Monkemeyer); étain-antimoine (Reinders); or-plomb (Vogel); or-étain (Vogel); argent-aluminium (Petrenko); magnésium-thallium (Grube); arsenic-cuivre (Hiorns); cuivre-aluminium (Guillet); cuivre-zinc (Shepherd); laitons spéciaux (Guillet); nickel-cobalt (Guertler et Tammann); fer-manganèse (Levin et Tammann); nickel-fer et cobalt-fer (Guertler et Tammann); fer et phosphore (Stead); fer-azote (Braune); fer et silicium (Guertler et Tammann); fer et carbone (Charpy, Sauveur, Heyn, Kourbatoff, Bénédicks); aciers spéciaux (Guillet); aciers à coupe rapide (Carpenter, Osmond, Guillet), etc.

De plus, M. Osmond étudie les progrès apportés dans la technique de la métallographie. On sait que ces perfectionnements permettent une très grande rapidité dans la préparation des échantillons; nous y reviendrons plus loin.

### 4° Méthodes d'essais diverses.

M. Ast a été chargé, comme Président de la Commission n° 2, de présenter le rapport sur l'établissement de méthodes d'essais pour la détermination de l'homogénéité du fer et de l'acier, dans le but d'employer éventuellement ces méthodes lors de la réception de ces métaux.

M. Ast passe en revue les diverses méthodes possibles et arrive aux conclusions suivantes :

1re Question. — *Détermination des Méthodes d'Essais sur l'homogénéité du fer et de l'acier et la possibilité de leur emploi dans les réceptions.*

Les irrégularités du métal dues à la liquation doivent être

Digitized by Google

considérées comme suffisamment connues. C'est le cas, notamment, pour le côté pratique de la question, tandis que le côté purement scientifique n'est pas encore complètement élucidé. Il est donc indiqué de poursuivre les recherches dans cette direction.

Nos connaissances sur l'homogénéité des matériaux, telle qu'elle nous est révélée par le procédé de l'essai de barres entaillées, ont été considérablement accrues ces derniers temps par les recherches de plusieurs spécialistes distingués. Mais, d'autre part, les opinions ont divergé sensiblement sur la valeur de ces recherches en général, sur la valeur des essais au choc en particulier, sur les conditions dans lesquelles ces essais doivent être affectués, et sur la question de savoir si ces essais nous révèlent ou non une nouvelle propriété du métal. Cependant, malgré la grande diversité des opinions, nous pouvons considérer comme un fait acquis important pour la pratique de l'essai des matériaux que l'essai de flexion au choc sur des barres à entaille aiguë, fournit un critère de la qualité des matériaux que les autres procédés actuellement en usage et employés dans les conditions ordinaires ne peuvent pas nous donner, ou qu'ils nous donnent d'une façon bien moins complète.

L'éclaircissement de cette controverse et la fixation des limites à tolérer dans les réceptions de matériaux nécessiteront des études très complètes, à poursuivre dans les conditions les plus variées.

2[e] Question. — *Détermination de méthodes d'essai permettant de constater facilement et sûrement l'existence de qualités spéciales exigées pour certains emplois de l'acier et du fer coulé.*

Les nombreux essais exécutés dernièrement ont servi à compléter heureusement les résultats de méthodes déjà connues et à en développer de nouvelles. Ils ont aussi augmenté, d'une façon appréciable, nos connaissances des diverses propriétés des matériaux Ainsi le procédé si simple de Brinell, pour la détermination de la dureté, le procédé de Koroboff pour la ductilité, les progrès importants réalisés dans l'appréciation de l'homogénéité du métal par le moyen des essais de décapage et des essais des barres entaillées, ont tous grandement contribué à éclaircir la deuxième question.

On ne saurait pourtant espérer une solution complète que

Digitized by Google

lorsque les études concernant la première question auront donné des résultats positifs.

3[e] QUESTION. — *Examen des propositions du général Korobkoff pour la détermination rationnelle de la ductilité des métaux.*

Les essais de l'auteur du présent mémoire permettent d'affirmer que le procédé de flexion proposé par le général Korobkoff donne des résultats mieux marqués dans la détermination de la ductilité des métaux que les procédés actuellement en usage de traction et de flexion de barres prismatiques. Comme unité de mesure de la ductilité, il y a avantage à choisir en premier lieu l'allongement maximum des fibres tendues et ensuite seulement le coefficient de courbure. Il serait très utile de contrôler les résultats obtenus par des essais portant sur des matériaux d'autre provenance.

(Le procédé Korobkoff, auquel il est fait allusion ici, consiste dans un essai de flexion ; l'éprouvette est pliée sur elle-même et l'on mesure l'allongement pris par la fibre moyenne et l'angle de pliage.)

M. Baclé a présenté un mémoire sur le poinçonnage envisagé comme méthode d'essai ; les charges de rupture rapportées au millimètre carré de la section tranchée par le poinçon, sont beaucoup plus régulières que les charges de rupture obtenues par traction ; l'une et l'autre sont reliées par la relation suivante : P étant la résistance au poinçonnage ; T la résistance à la traction ; toutes deux étant exprimées en kilos par millimètre carré, on a :

$$P = 0{,}65\,T + 5 \text{ kg.}$$

L'essai de poinçonnage ne donne pas une mesure précise de l'allongement ; il en est de même pour la limite élastique.

M. le capitaine Fraichet, des ateliers de construction de Puteaux, a rappelé la méthode fort intéressante qu'il a présentée, il y a quelque temps, dans diverses sociétés savantes, notamment à l'Institut. Cette méthode consiste à placer l'éprouvette que l'on tractionne comme noyau d'une bobine comprenant deux enroulements superficiels : d'une part, un circuit primaire en gros fil relié aux bornes d'un accumulateur ; d'autre part, un circuit secondaire en fil fin rejoint à un galvanomètre ordinai[re].

On utilise comme source d'électricité deux éléments d'ac[cu]mulateurs accouplés en tension.

Dès que le circuit primaire est fermé, l'éprouvette est travers[ée]

Digitized by Google

par un flux, dont la plus grande partie se referme par les mordaches et le bâti de la machine à traction; ce flux varie à chaque instant de la traction; il en résulte dans le circuit secondaire un courant induit dont l'intensité, mesurée par la déviation galvanométrique, est proportionnelle à la variation instantanée du flux. Le flux varie pour deux causes: la modification continue des dimensions du barreau et le changement de la structure, par conséquent de la perméabilité du métal.

La méthode permet de mesurer avec précision et sans difficultés la limite élastique et le commencement de la striction.

La limite élastique correspond au maximum de la déviation galvanométrique. La striction se manifeste toujours par un changement d'allure très net dans la variation du flux. En général, la déviation galvanométrique, qui était décroissante, se met à croître rapidement dès que l'étranglement du barreau commence.

M. Mesnager a décrit un moyen d'adapter l'enregistrement automatique aux machines à levier; il a déjà été donné par l'auteur dans différentes revues françaises. De même, M. Guillery a résumé dans un mémoire les divers appareils d'essais qu'il a construits. Nous y reviendrons plus loin à propos du Laboratoire du Congrès.

### 5° Les Aciers spéciaux.

Différents rapports sur les aciers spéciaux ont été présentés. M. le docteur Wedding n'a pas insisté sur son travail touchant aux aciers au nickel: cette étude, faite en vue du Congrès de Saint-Péterbourg, ne tenait pas compte des recherches modernes faites sur la question. M. Boudouard a rappelé les résultats auxquels il est arrivé dans la détermination des points de transformation allotropique des alliages fer-carbone et des aciers au nickel.

M. Dumas a fait ressortir, dans une courte note, l'importance des formes allotropiques du fer.

Sur la demande du Comité-Directeur, nous avons remis un ıémoire assez bref, résumant les conclusions auxquelles nous nt conduit l'ensemble de nos recherches sur les aciers spéciaux. ous en reproduirons ici les principales conclusions, qui sont, ı quelque sorte, la suite des communications que nous avons ites sur ce sujet à la Société des Ingénieurs civils de France.

Digitized by Google

## Conclusions théoriques.

1° *Différentes structures présentées par les aciers normaux* (?). — Les aciers quaternaires normaux peuvent présenter les différentes structures suivantes :

Perlite et ferrite ou cémentite ;
Perlite et carbure ;
Perlite et graphite ;
Ferrite et graphite ;
Martensite ;
Troostite ;
Martensite et carbure ;
Troostite et carbure ;
Martensite et graphite ;
Fer $\gamma$ ;
Fer $\gamma$ et carbure ;
Fer $\gamma$ et graphite.

On peut aussi rencontrer des structures plus complexes, telles que martensite, sorbite et carbure, martensite, ferrite et graphite, etc.

A noter qu'il existe, bien entendu, des termes de passage tels que ferrite et martensite, martensite et fer $\gamma$.

Dans aucun cas, on n'a rencontré dans un même acier plusieurs carbures, du moins autant que la micrographie permet de les différencier.

La structure formée de perlite et de ferrite se rencontre dans toutes les espèces d'aciers. Elle dénote que la somme des éléments autres que le fer et le carbone n'est pas très élevée.

La structure constituée par la perlite et un carbure peut se trouver dans les aciers renfermant moins de 0,80 °/₀ de carbone, contenant du tungstène, du molybdène, du chrome ou du vanadium ; ces aciers peuvent même renfermer du nickel et du manganèse, mais en petites quantités.

La structure formée de perlite et de graphite indique la présence de silicium en quantités assez importantes.

La ferrite et le graphite indiquent aussi la présence du silicium, mais en quantité élevée (Si = 5 0/0) sans que l'on puisse présumer des autres éléments contenus.

Quand on rencontre simultanément de la troostite et du car-

Digitized by Google

bure, on se trouve dans le même cas que lorsqu'on trouve les constituants perlite et carbure; mais ici on peut affirmer que l'on est en présence de teneurs assez élevées de chrome, de tungstène ou de molybdène.

La structure martensitique ne peut appartenir qu'à des aciers renfermant du nickel, du manganèse et du chrome. Ces métaux peuvent entrer deux par deux dans l'alliage; de même, l'acier peut contenir un autre corps (tungstène, molybdène, vanadium), mais en quantités faibles.

La présence simultanée de martensite et de carbure indique que l'acier appartient à l'une des catégories suivantes : aciers nickel-chrome, nickel-tungstène, nickel-molybdène, nickel-vanadium ;

Aciers manganèse-chrome, manganèse-tungstène, manganèse-molybdène, manganèse-vanadium ;

Aciers chrome-tungstène, chrome-molybdène et chrome-vanadium.

Si la structure est formée de martensite et de graphite, on peut affirmer la présence de silicium en quantités assez fortes.

La structure à fer $\gamma$ indique la présence de nickel ou de manganèse en proportions élevées, à moins que l'on n'ait un acier nickel-manganèse; dans ce cas, c'est la somme carbone-nickel-manganèse qui est élevée. On ne peut rien présumer sur la présence des autres corps.

Avec la structure à fer $\gamma$ et carbure, on peut affirmer se trouver en présence d'un acier qui renferme simultanément nickel ou manganèse (haute teneur) et chrome, tungstène, molybdène ou vanadium. La structure fer $\gamma$ et graphite ne peut être donnée que par les aciers nickel-silicium et manganèse-silicium, à haute teneur en nickel ou manganèse et renfermant des quantités très notables de silicium.

2° *Propriétés mécaniques caractéristiques de chaque structure.* — Il faut distinguer les structures simples, dans lesquelles on ne trouve qu'un seul constituant, et les structures complexes, où l'on rencontre deux ou plusieurs constituants.

Les structures simples sont : la martensite et le fer $\gamma$. A la structure martensitique, correspondent les propriétés suivantes: charge de rupture et limite élastique très élevées; allongements moyens, rarement très faibles ; assez grande fragilité; dureté très forte; difficulté de travail et de forgeage énorme.



Digitized by Google

A la structure à fer $\gamma$ correspondent les propriétés suivantes : charge de rupture un peu élevée ; limite élastique très faible ; allongements et résistance au choc généralement beaux, mais qui, dans certains cas, peuvent devenir ordinaires ; forgeage assez aisé ; assez grosses difficultés de travail aux machines-outils.

Si l'on passe aux aciers à structure complexe, on peut dire que :

1° Tous les aciers à graphite sont inutilisables ; dès que le graphite apparaît, l'acier est fragile, souvent impossible à laminer ou à marteler ;

2° Tous les aciers à carbure ont les propriétés caractéristiques de l'autre constituant qui les accompagne, mais ces propriétés sont atténuées, et surtout la fragilité est augmentée.

Il est impossible d'affirmer quoi que ce soit, lorsqu'on est en présence d'un acier perlitique. Les propriétés dépendent non seulement de la quantité de perlite, mais surtout des éléments autres que le carbone. On peut cependant dire que la charge de rupture et la limite élastique ne peuvent dépasser de plus de 20 kg les valeurs de charge de rupture et limite élastique de l'acier ordinaire à même teneur en carbone, mais on ne sait rien de la fragilité et des allongements.

3° *Modifications apportées dans la structure et les propriétés par les différents traitements.* — La trempe amène généralement la perlite à l'état de martensite ; il suffit qu'elle soit faite à température convenable (exception toutefois pour les aciers renfermant une teneur assez forte en aluminium). Le même traitement respecte la martensite ou lui donne simplement une tendance au fer $\gamma$ et, par conséquent, un léger adoucissement dans les propriétés.

La sorbite est transformée en martensite, si l'acier est trempé à température convenable.

Le fer $\gamma$ n'est pas transformé par trempe, exception faite, toutefois, pour certains aciers qui sont sur la limite des aciers martensitiques.

Quant aux aciers à carbure, les modifications apportées [par] la trempe dépendent de la nature du carbure ; pour le carb[ure] des aciers au chrome, il faut une température de 1 200 deg[rés] pour le dissoudre ; pour les carbures renfermant du tungstè[ne] ou du molybdène, même avec du chrome, une température [de] 800 degrés suffit, mais il faut, pour faire disparaître tout le c[arbure]

Digitized by Google

bure, un chauffage d'autant plus prolongé que la température est plus basse et la quantité de carbure plus élevée. Le carbure de vanadium n'est jamais atteint par trempe.

Le recuit ne modifie généralement pas la structure; la perlite devient plus déliée, les aiguilles de martensite plus visibles, les polyèdres de fer $\gamma$ et les grains de carbure plus volumineux.

Seuls, quelques aciers à fer $\gamma$ qui sont sur la limite des aciers martensitiques sont transformés avec formation de martensite et quelques aciers renfermant du silicium ou du vanadium voient se produire du graphite ou augmenter leur teneur en ce produit.

Le refroidissement et le martelage n'ont généralement aucune influence sur la structure; il faut faire une exception pour certains aciers au nickel, toujours ceux qui sont sur la limite des aciers martensitiques.

Quelle que soit la transformation apportée, on peut raisonner sur la nouvelle structure, comme on l'a fait sur celle des aciers normaux.

C'est ainsi, pour prendre un exemple, qu'un acier à fer $\gamma$ devenant martensitique voit augmenter considérablement sa charge de rupture et sa limite élastique, diminuer ses allongements et sa résistance au choc.

En résumé, les variétés de structures que peuvent présenter les aciers spéciaux sont très peu nombreuses; la microstructure permet, dans un grand nombre de cas, de donner approximativement les propriétés mécaniques de l'acier observé et, par conséquent, ses applications; de l'examen de l'acier normal, on peut déduire souvent l'influence des différents traitements.

## Conclusions industrielles.

Après ces recherches, il semble que le champ des études industrielles soit considérablement rétréci et que le fabricant aciers spéciaux ne peut s'éloigner de la ligne de conduite que n va tracer en se basant sur la microstructure.

Tout d'abord, le fabricant doit écarter tout acier présentant une ucture contenant soit du graphite, soit de la martensite. Inutile revenir sur la question du graphite.

Quant à la martensite, elle crée des difficultés d'usinage et de

Digitized by Google

forgeage telles qu'on ne voit pas les applications d'aciers ayant cette structure.

Les aciers à carbure ne présentent aucun intérêt lorsqu'ils renferment du fer $\gamma$

Ils n'en ont que lorsqu'ils sont à perlite ou à sorbite, et encore, dans ce cas-là, ne peuvent-ils offrir que des débouchés spéciaux, dont les plus intéressants sont les applications aux appareils de roulement (cuvette et billes) et la confection des outils. Il reste donc deux structures :

Les aciers perlitiques ;

Les aciers à fer $\gamma$.

Ces derniers ne peuvent être obtenus que par une forte dose de nickel ou de manganèse (ou des deux métaux) ; pour éviter les aciers faciles à transformer par trempe, recuit, refroidissement, etc., il faut que les doses soient plus importantes qu'on ne le pense généralement. Le prix de revient est donc élevé.

De plus, il est nécessaire de rappeler que la limite élastique de ces aciers est faible et leur usinage difficile.

Ceci en rend les usages extrêmement restreints.

Et l'on arrive ainsi à cette conclusion que :

Mises à part les structures à perlite et carbure ou à sorbite et carbure, qui sont fort intéressantes dans les aciers à outils et dans quelques cas particuliers de la construction mécanique et la structure à fer $\gamma$, à laquelle on ne peut faire appel qu'exceptionnellement, la seule structure que l'on doive chercher pour les applications courantes est la structure perlitique.

Ceci dit, on peut préciser en disant que les aciers ayant cette structure et présentant des propriétés mécaniques intéressantes ne doivent pas généralement renfermer beaucoup de carbone.

Le champ des recherches industrielles se trouvent donc restreint à des aciers renfermant des quantités relativement faibles d'éléments, quelques cas spéciaux étant mis à part.

## 6° Soudure des métaux.

Le rapporteur, M. le professeur Reinhold, demande que le problème posé, à savoir la recherche des méthodes d'examen des soudures et des propriétés de soudage des métaux, soit rayé de la liste des problèmes étudiés, cela parce que de tels essais sont très difficiles à définir et à appliquer. M. Breuil apporte une contribution fort intéressante sur la question des soudures. Il

Digitized by Google

insiste tout spécialement, et à fort juste titre, sur l'essai à la torsion, dû à M. Vanderheyn, Ingénieur de la Compagnie P.-L.-M., lequel montre nettement s'il y a soudure ou simple collage, et il montre combien peuvent être erronés, volontairement souvent, les essais à la traction sur barrettes soudées. M. Breuil signale aussi la soudure de l'aluminium obtenue par M. Odam.

Nous nous sommes élevés énergiquement contre le procédé de M. Reinhold, qui consiste à faire rayer un problème dont il n'a pu trouver la solution. Nous avons demandé, au contraire, que cette question, qui devient si importante avec les différentes méthodes de soudure autogène, soit étudiée d'une façon aussi complète que possible et par les voies scientifiques les plus modernes. A ce sujet, nous avons présenté un vœu qui a été adopté à l'unanimité.

## Résultats des Commissions.

A propos des différentes questions déjà exposées, nous avons déjà eu l'occasion de noter quelques-unes des conclusions présentées par les différentes Commissions.

Il en est encore quelques-unes sur lesquelles nous insisterons :

La Commission 22, chargée d'étudier l'unification des méthodes d'essais, qui a pour président M. le professeur Belebusky, de Saint-Pétersbourg, et pour vice-présidents MM. Martens et Sauvage, a donné les règles à suivre dans les principaux essais : essais à la traction, essais au choc, essais de pliage, cintrage, forgeage, et examiné quelques cas particuliers. Nous ne pouvons nous étendre sur ces prescriptions, qui correspondent d'ailleurs en partie à divers cahiers des charges français et apportent, à défaut de nouveauté, du moins de la méthode et de la précision.

Toutefois, nous avons tenu à bien faire noter que ladite Commission ne pouvait donner que des conseils, que ces prescriptions ne pouvaient être des réglementations.

La Commission 25, présidée par M. Moldenke, secrétaire de la Société « American Foundrymen's Association », de New-York, et chargée de l'établissement de méthodes d'essais uniformes de la fonte et des articles de fonte, s'élève contre l'emploi de l'essai à la traction pour ce produit, parce qu'il faut des machines réglées avec très grande précision.

Digitized by Google

En Allemagne, on ne l'utilise pas. Au contraire, l'essai en travers, qui est le plus généralement accepté, donne une juste mesure de la qualité du métal. Quant aux essais au choc, ils n'ont encore donné aucun résultat de valeur.

## Autres questions.

Quelques autres questions ont fait l'objet de rapports qui n'ont pu être discutés. Nous attirerons spécialement l'attention sur la très intéressante communication de M. Charpy, directeur des Forges Saint-Jacques, à Montluçon; beaucoup de congressistes ont regretté qu'elle n'ait pu être mise à l'ordre du jour, par suite de l'absence de l'auteur. Il s'agit de l'influence de la température sur la fragilité des métaux; nul n'oserait nier l'importance de ce problème, que l'emploi de la vapeur surchauffée rend de plus en plus passionnant.

Dans tous les aciers étudiés par M. Charpy, la résilience, dont les variations sont inverses de celles de la fragilité, augmente lorsque la température s'élève, atteint un maximum entre 100 et 200 degrés, diminue ensuite pour atteindre un minimum entre 400 et 500 degrés et se relève enfin quand la température continue à augmenter et que l'on atteint le rouge.

Un acier chrome-nickel (C=0,360; Cr=1,60,Ni=3,50) a donné des résultats particulièrement remarquables à toute température.

M. Charpy conclut de cette très remarquable étude, qui mérite d'attirer toute l'attention des industriels :

1° L'emploi des aciers spéciaux au chrome et au nickel, permet d'éviter à peu près complètement les inconvénients de la variation de la fragilité avec la température, y compris la fragilité à la température du bleu.

2° L'augmentation de la fragilité aux basses températures doit être prise en très sérieuse considération, en ce qui concerne les aciers doux, surtout lorsque ces aciers sont de pureté médiocre ; car elle est parfois assez brusque et assez considérable pour pouvoir donner lieu à de graves accidents (1).

(1) M. Charpy a étudié le cas d'un acier doux dont la résilience baisse dans le rapport de 6 à 1, lorsque la température passe de + 20 à — 20.

Digitized by Google

## Excursions et séance plénière de clôture.

De nombreuses excursions ont eu lieu pendant le Congrès, comme il est d'habitude ; les unes furent de jolies promenades, à Lecken, à Anvers, à Ostende, où prit fin le Congrès ; les autres eurent un caractère plus scientifique, notamment la visite aux Usines Cockerill, à Seraing, où M. Greiner, l'éminent président de la Commission d'organisation, a ménagé aux congressistes la plus parfaite hospitalité, aux bancs d'épreuves des câbles à Bruxelles, aux Instituts Solvay et au laboratoire des Chemins de fer de l'État à Malines.

Cette dernière visite a été marquée par un incident qui, par le plus grand des hasards, n'a pas eu de suite. M. Rousselle, directeur de ce laboratoire, avait fait construire tout récemment, une très puissante machine pour essayer au choc, sans traction, les crochets d'attelage de wagons. Une expérience fut faite devant les congressistes au nombre d'environ 300: l'un des boulons d'attache, d'un poids de 25 kg environ, se rompit brusquement au moment du choc et vint tomber au milieu des assistants qui eurent cependant le temps de s'écarter; personne ne fut blessé. La visite continua, on fit rapidement la réparation de l'appareil et les congressistes furent à nouveau conviés à un essai; mais, sur la recommandation de M. Greiner, chacun prit des précautions et l'on fit bien, car le même accident se produisit sans plus de conséquence d'ailleurs.

Et nous avons tous souhaité, en rentrant, que les essais au choc sur barrette entaillée fussent mis spécialement en honneur au laboratoire de Malines, après cette mémorable visite.

La séance plénière de clôture eut lieu le 8 septembre. Elle se termina par une conférence de M. Henry Le Chatelier (1) sur les applications de la métallographie microscopique. Cette conférence eut un succès considérable. M. Le Chatelier y a montré, avec la clarté qui caractérise tous ses travaux, les importants services que les usines productrices ou consommatrices peuvent tirer de cette méthode devenue industrielle.

(1) La Conférence de M. Henry Le Chatelier a été publiée dans la *Revue de Métallurgie*, mois de septembre.

Digitized by Google

## Laboratoire du Congrès.

C'est à M. Henry Le Chatelier qu'est due l'idée de faire fonctionner, pendant le Congrès de Bruxelles, un laboratoire, permettant de juger les méthodes d'essais modernes, tant au point de vue de leur rapidité que de leur précision.

Le Comité d'organisation du Congrès et plus spécialement M. Greiner — auquel on doit tout le succès des réunions qui ont eu lieu — virent de suite le grand intérêt que présentait la question et demandèrent à M. Le Chatelier de la mettre à exécution.

M. Mesnager, membre du Comité directeur de l'Association, M. Saladin, ingénieur en chef du Creusot, M. Louis Le Chatelier, président du Conseil d'administration de la Société Française de Constructions mécaniques, voulurent bien promettre leur appui. On me fit le très grand honneur de me demander de diriger le laboratoire; mais je m'empresse d'ajouter que si le succès a couronné l'idée de M. Henry Le Chatelier, si les congressistes ont été très frappés et par la rapidité de contrôle et par la précision des méthodes qu'ils ont vues en fonctionnement, cela est dû tout spécialement aux collaborateurs qui ont bien voulu se joindre à moi : M. Galopin, ingénieur, chargé des laboratoires de la Manufacture d'armes d'Herstal, s'est chargé de l'exécution du plan tracé par M. Henry Le Chatelier; M. Gunsbourg, ingénieur à la Société Française de Constructions mécaniques, s'est chargé des appareils mis à la disposition du Congrès par cette Société ; M. Lucas, ingénieur au Creusot, a bien voulu s'adonner à la détermination des points critiques, M. Boudouard, préparateur au Collège de France, s'est consacré aux essais de cisaillement; enfin, M. Le Grix, attaché aux laboratoires des usines de Dion Bouton et C^ie^, s'est consacré à la Métallographie. Un aide polisseur, un photographe, un scribe et un ajusteur formaient le personnel du laboratoire.

Le laboratoire était situé au rez-de-chaussée du Palais des Académies.

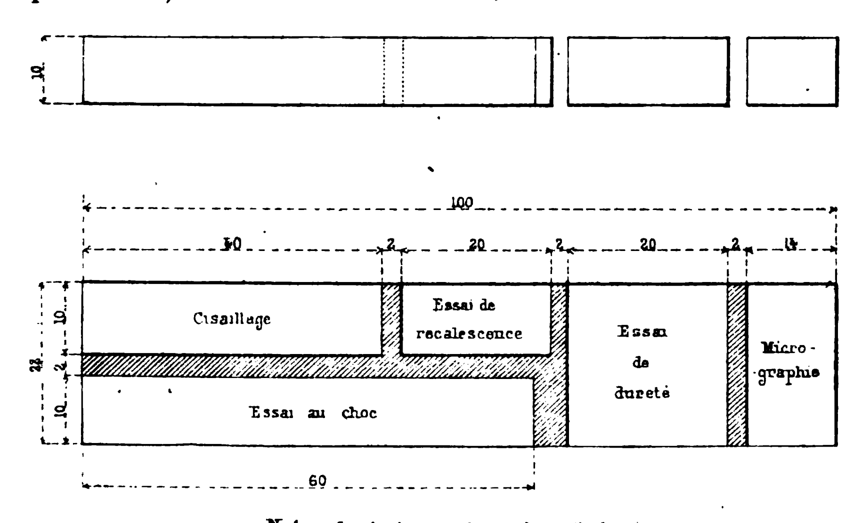
Le but était donc d'exécuter, devant les congressistes, des essais de produits métallurgiques par des méthodes modernes.

A cet effet, les industriels de tous pays avaient été invités par une circulaire de M. Greiner, à envoyer au laboratoire du Congrès, des échantillons de métaux.

Digitized by Google

Nous verrons plus loin comment étaient faites les diverses éprouvettes. En réalité, les échantillons ne nous ont été adressés que par les usines ou les administrations belges.

Nous y avons examiné pendant les quatre matinées (les après-midi étant consacrées aux excursions, les appareils ne fonctionnaient que le matin, hormis cependant la préparation des éprouvettes) trente et un échantillons; un certain nombre d'essais




**Nota** : Les hachures indiquent les traits de scie

Fig. 1. — Préparation des éprouvettes.

n'ont pu cependant être terminés pendant le Congrès même; nous avons achevé leur examen à Paris.

Les essais pratiques étaient les suivants :

1° Essai micrographique ;

2° Détermination des points critiques (quand il y a lieu);

3° Essais au choc sur barrettes entaillées ;

4° Essai à la bille de Brinell ;

5° Essai au cisaillage.

Les résultats étaient consignés sur des fiches; nous en reproduiront quelques-unes plus loin.

### 1° Préparation des Éprouvettes

Pour faciliter la confection des éprouvettes, les échantillons de métaux devaient avoir une forme rectangulaire de $10 \times 22 \times 100$ *(fig. 1)*; ceci permettait de prélever rapidement à la machine,

Digitized by Google

que nous allons décrire plus loin, différentes éprouvettes, à savoir :

1° L'éprouvette au choc ayant 10 × 10 × 60; on y fait ultérieurement l'entaille qui avait 2 × 2; celle-ci étant placée au milieu de la grande longueur *(fig 2.)*;

2° L'éprouvette pour cisaillage avait 10 × 10 × 40;

3° L'éprouvette pour essais de recalescence avait 10×10×20;

4° L'éprouvette pour essais à la dureté avait 22 × 20 × 10;

5° L'éprouvette pour l'essai micrographique avait 22×14×20.

Les hachures du croquis indiquent un trait de scie.

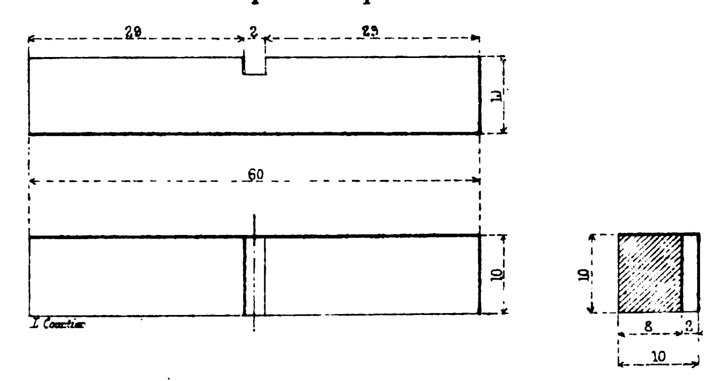



Fig. 2. — Éprouvette au choc.

Pour préparer ces éprouvettes, nous nous sommes servis d'une petite machine, construite spécialement dans ce but par la Société Française de Constructions mécaniques *(fig. 7, Pl. 133)* permettant d'effectuer le fraisage, le sciage et les traits de scie de l'éprouvette au choc.

## 2° Essai micrographique.

On sait qu'un tel essai nécessite deux manipulations distinctes : le polissage, l'attaque, l'examen et la photographie, lorsqu'on le désire. Toutes nos observations ont été photographiées.

Le polissage se faisait au moyen de meules et de papier : le dégrossissage était obtenu sur des meules en carborandı ; l'échantillon était ensuite passé sur deux papiers à grains e grosseur bien définie ; enfin, le finissage avait lieu sur me s recouvertes de drap et au moyen d'alumine.

Les meules étaient montées sur deux tourets qui étaient c - mandés par deux dynamos. On avait eu bien soin de mo r

séparément les meules servant au finissage et de les isoler dans une salle spéciale, de façon qu'aucune poussière ne pût nuire au polissage.

En moyenne, la préparation d'un échantillon demandait une demi-heure. Ce temps eût été raccourci si l'installation, forcément provisoire, eût été plus parfaite. (Aux usines de Dion-Bouton, nous faisons le polissage d'acier en quinze minutes et si on peut préparer les échantillons en série, ce qui est fréquemment le cas, on arrive très bien à obtenir le résultat cherché après cinq minutes.)

L'attaque se faisait sur une petite table près le microscope; il s'y trouvait une prise de gaz pour faire les attaques à chaud, notamment celle au picrate de soude.

Les principaux réactifs que nous avons utilisés sont l'acide picrique pour les alliages ferro-métalliques, et le perchlorure de fer en solution chlorhydrique pour les alliages de cuivre.

L'appareil qui nous a servi pour l'observation et la photographie est le microscope de M. Henry Le Chatelier. M. Pellin, qui le construit, avait eu l'obligeance de mettre un appareil dernier modèle, un banc complet, à la disposition du Congrès *(fig. 8, Pl. 133)*.

Nous avons déjà décrit cet appareil dans une précédente communication.

Dans le modèle actuel, la mise au point se fait à l'aide d'une platine montée sur une colonne latérale construite comme celle des microscopes ordinaires; on peut disposer de deux mouvements : une glissière à collier de serrage sert pour la mise au point rapide; un mouvement lent micrométrique permet d'achever la mise au point. De plus, ce mouvement peut être obtenu à distance au moyen d'un fil souple.

La platine actuelle est à trois mouvements : deux chariots marchent perpendiculairement et leurs déplacements sont notés sur des divisions à vernier. Quant au troisième mouvement, c'est une rotation également repérée autour de l'axe. Il est enfin à noter que, dans le modèle actuel, aucun organe ne dépasse la .tine et que l'on peut, par conséquent, observer des échantillons umineux.

tappelons les grands avantages que présente l'appareil de Henry Le Chatelier : il ne nécessite qu'une seule face plane, e demande aucune manipulation délicate pour amener l'axe .que de l'appareil à être perpendiculaire à la surface que

l'on veut observer, ce qui s'obtient dans les appareils verticaux par tâtonnements et en plaçant le métal dans une cire assez malléable; il permet d'observer de grandes surfaces, des pièces volumineuses; enfin, l'opérateur pouvant s'asseoir devant l'oculaire, qui est horizontal, les observations ne sont nullement fatigantes.

En vue de la photographie le prisme à réflexion totale est monté sur un axe qui permet de le faire pivoter de 90 degrés et de diriger l'image soit dans l'oculaire, soit dans une chambre horizontale qui permet de voir ce que l'on photographie, comme dans un appareil quelconque. Ceci nécessite un prisme à réflexion totale très bien travaillé, pour qu'il ne nuise pas à la netteté de ces images.

Le dernier modèle du microscope de M. Henry Le Chatelier permet de monter tout l'appareil sur un banc métallique comme le banc d'optique; on peut obtenir ainsi une stabilité très grande, particulièrement nécessaire pour la photographie.

L'ensemble se compose alors d'une lampe Nernst, d'une cuve absorbant certains rayons, d'une lentille, du microscope et de la chambre photographique, le tout monté sur le banc.

C'est une telle installation que nous avions à Liége.

### 3° Détermination du point critique.

La méthode que nous avons utilisée au Congrès est celle de M. Saladin, avec le galvanomètre double de M. Le Chatelier.

Lorsqu'on étudie le refroidissement d'un produit métallurgique, on considère généralement les deux variations temps et température, c'est ainsi que l'on opère avec les méthodes d'Osmond, de Roberts-Austen, etc.

La méthode de Roberts-Austen consiste à étudier le métal, non plus seul comme dans la méthode de M. Osmond, mais par une comparaison à un morceau de platine ou de porcelaine soumis, bien entendu, à la même température. On a alors deux couples thermoélectriques: le premier donne la température du métal; l'autre est monté de façon à donner la différence de température entre le morceau d'acier et le platine; on enregistre le phénomène en recevant sur une plaque sensible se déplaçant proportionnellement au temps, les rayons lumineux donnés par les deux galvanomètres.

M. Saladin s'est demandé si l'on ne pouvait pas supprimer

Digitized by Google

la variable temps et ne considérer que les variables température du métal observé et différence de température de l'acier et du platine.

Le problème qu'il fallait résoudre pour modifier ainsi la méthode de M. Roberts-Austen consistait à conjuguer les deux galvanomètres de façon qu'un rayon lumineux réfléchi successivement par les deux miroirs fût dévié par l'un dans le sens horizontal et par l'autre dans le sens vertical. C'était une application du principe de Lissajoux.

On a déjà fait de semblables montages, notamment avec un miroir supporté par trois pointes placées au sommet d'un triangle rectangle ; mais l'application de ce dispositif aux galvanomètres très sensibles est difficile.

M. Saladin a donc projeté de faire passer le rayon lumineux sur les miroirs des deux galvanomètres, ayant l'un un axe de rotation vertical et l'autre un axe horizontal, et en plaçant les miroirs aux foyers conjugés d'une lentille. Tout rayon lumineux issu d'un des miroirs passe évidemment sur l'autre miroir, et l'on obtient la combinaison désirée des deux oscillations. M. Saladin chercha un bon galvanomètre à axe horizontal chez M. Pellin, qui lui conseilla de garder l'axe vertical du galvanomètre et de transposer, par un prisme, le plan d'oscillations du rayon lumineux ; ce plan horizontal se transpose aisément en un plan vertical par le passage du rayon à travers un prisme rectangle isocèle à réflexion totale disposé convenablement. La face hypoténuse est inclinée à 45 degrés sur l'horizon et les arêtes sont perpendiculaires à la direction moyenne du rayon lumineux. On démontre aisément cette propriété du prisme transposeur, qui est d'ailleurs employée couramment dans les appareils de projection. Elle est exempte de dispersion.

Le montage de l'appareil pour photographie des points critiques devenait très simple avec ce prisme.

Il comprend, en suivant la marche du rayon lumineux, les parties suivantes :

1° Lanterne avec collimateur projetant un faisceau lumineux parallèle sur le miroir du galvanomètre sensible actionné par le couple des différences de température ;

2° Galvanomètre sensible avec miroir renvoyant le rayon à 90 degrés dans un plan horizontal ;

3° Prisme transposeur qui rend verticales les oscillations horizontales du rayon ;

Digitized by Google

4° Lentille aux foyers conjugués de laquelle sont placés les miroirs des deux galvanomètres ;

5° Galvanomètre des températures avec miroir renvoyant le rayon à 90 degrés dans le plan horizontal;

6° Objectif recevant le faisceau lumineux et faisant, sur un écran, l'image du point de la source lumineuse. On peut mettre cet objectif avant ou après le galvanomètre, mais en tous cas très près du miroir ;

7° Écran en verre dépoli pour suivre à l'œil le phénomène, ou plaque photographique pour l'enregistrer.

La lanterne contient une lampe à acétylène ou à incandescence, dont la lumière est projetée par un condensateur sur un diaphragme. Ce dernier porte une fenêtre à deux fils croisés pour la mise au point ou un très petit trou pour l'inscription photographique. Ces deux orifices sont percés sur un même coulisseau et l'on peut substituer l'un à l'autre très exactement grâce à un cran d'arrêt bien réglé. Devant ce coulisseau est placé un objectif de projection à tirage réglable ; son foyer principal est placé au point lumineux formé par la fenêtre, il émet donc un faisceau lumineux parallèle.

Les galvanomètres sont du type Desprez d'Arsonval, à fil de torsion vertical, bien amorti. Le miroir ordinaire est remplacé par un petit prisme à réflexion totale d'environ 10 mm de hauteur, contre-balancé par un petit poids, les arêtes du prisme étant parallèles à l'axe vertical de suspension. Les miroirs plans argentés donnent de moins bonnes images ou sont d'un entretien difficile, si on emploie la face argentée extérieurement.

Le galvanomètre sensible donne sur l'écran une déviation verticale de 5 à 6 mm par degré du couple platine iridié. Le galvanomètre ordinaire donne 15 mm environ par 100 degrés, entre 400 et 900 degrés.

La tension des fils est telle que les bobines mobiles font environ 25 oscillations doubles par minute, la bobine étant en circuit ouvert.

En suivant, avec un petit écran, la marche du rayon lumineux on règle facilement les diverses lentilles pour obtenir une bonne image. On peut, si on veut, inscrire les temps en interrompant périodiquement le faisceau lumineux au moyen d'un écran commandé par une horloge.

Digitized by Google

*Appareil de M. Henry Le Chatelier.* — M. Henry Le Chatelier a considérablement simplifié cet appareil en adoptant le dispositif suivant : les deux galvanomètres sont placés aux extrémités de deux barreaux aimantés, rectilignes et horizontaux.

Le prisme à réflexion totale repose sur les aimants et au milieu ; sa position est réglée une fois pour toutes. Chaque galvanomètre porte un miroir de grandeur telle que le rayon lumineux ne sorte pas hors des miroirs. Le tout est placé dans une boîte métallique possédant trois vis calantes et fermée par une glace à l'avant. Enfin, la glace porte une ouverture devant chaque miroir ; dans chacune d'elles est fixée une lentille achromatique de distance focale principale de 1 m ; de ce fait, un point lumineux situé à 1 m en avant de la première lentille donne une image à 1 m de la seconde.

Dans les premiers modèles, l'appareil ne portait que trois bornes pour amener les courants aux galvanomètres.

La borne centrale était fixée directement sur la boite métallique de l'appareil qui se trouve reliée directement aux fils de suspension supérieurs des deux cadres.

Les deux autres bornes sont isolées de la boîte métallique.

Dans les appareils construits actuellement, on place quatre bornes. On n'est plus alors obligé, comme on l'était avec le premier modèle, d'éviter tout contact dans la région chauffée entre le couple et les fils qui vont au deuxième galvanomètre et d'isoler, par là même, le couple des échantillons à étudier *(fig. 4, Pl. 133)*.

L'échantillon est chauffé dans un four électrique à résistance. Le montage adopté était le suivant :

Le métal adopté comme comparaison est le nickel ou un acier au nickel à très haute teneur en ce métal, et qui, de ce fait, ne présente pas de points de transformation au-dessus de la température ordinaire.

Dans le morceau à étudier aboutit un couple platine, platine iridié, la soudure se trouvant dans le morceau, un second couple platine, platine iridié, aboutit également à cette soudure i est donc commune aux deux couples ; tandis que, au mor-u de métal servant de comparaison aboutit un couple tine, platine iridié, formé par le fil de platine iridié apparte-nt à l'un des couples dont la soudure se trouve dans le rceau à étudier et du fil de platine ; de cette façon, les fils i aboutissent au galvanomètre double sont, d'une part, un

Digitized by Google

fil platine, platine iridié donnant la température à laquelle est soumis le métal étudié et, d'autre part, les deux fils de platine

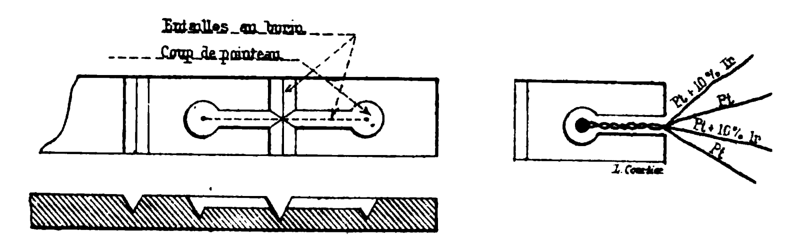



Fig. 3. — Préparation de l'échantillon dont on veut déterminer les points critiques.

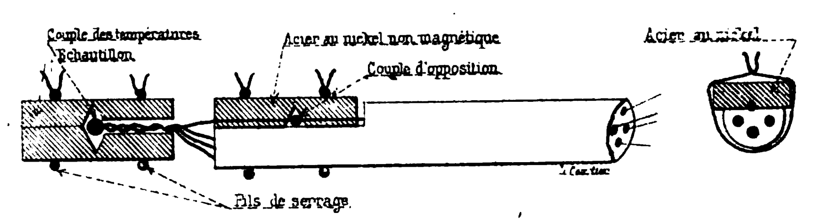



Fig. 4. — Disposition des couples pour la détermination des points critiques.

qui donnent la différence de température entre le métal étudié et le métal de comparaison.

### 4° Essai au choc sur barrettes entaillées

Pour cet essai, nous avons utilisé l'appareil de M. Guillery mis à la disposition du Congrès par la Société Française de Constructions mécaniques.

Le mouton Guillery, qui se distingue de tous les autres appareils destinés aux essais au choc, par son faible encombrement, est constitué en principe par un volant en acier de dimensions convenables, parfaitement équilibré, porte sur sa jante, le couteau qui doit rompre les éprouvettes *(fig. 5)*.

Le volant B repose par son axe sur deux paliers aménagés pour roulement sur billes en temps ordinaire et par contact de surfaces suffisantes au moment du choc.

Les paliers sont fixés à un bâti en fonte C de masse suffisante pour ne rien craindre du choc et des réactions que ce dernier provoque.

Le volant est amené, soit mécaniquement, soit à la main à une vitesse telle que :

1° Le travail accumulé dans la masse soit supérieur à celui

Digitized by Google

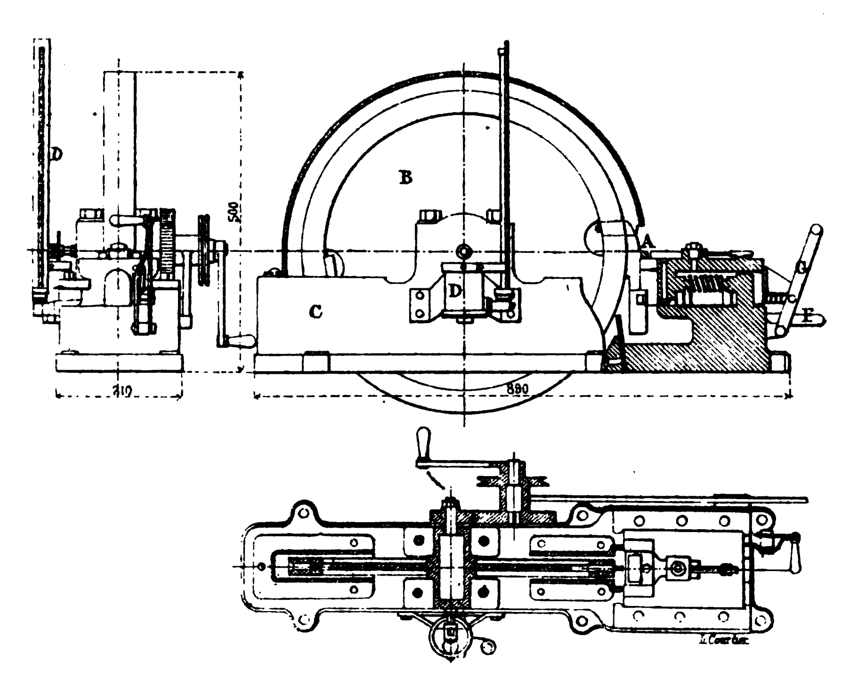



Fig. 5. — Mouton Guillery.

**Légende.**

| | | |
|---|---|---|
| Couteau | | A |
| Volant-mouton | | B |
| Bâti | | C |
| Tachymètre et tube indicateur du travail absorbé | | D |
| Manivelle | | E |
| Levier d'embrayage | | F |
| Levier de manœuvre | | G |
| Enclume mobile | | H |
| Barrette entaillée | | I |
| Travail accumulé dans la masse | | 60 kgm |
| Vitesse d'impact | | 8,800 m |
| Nombre de tours correspondant | | 293 |
| Encombrement. | Longueur | 890 |
| | Largeur | 210 |
| | Hauteur | 500 |
| Poids | | 220 kg |



Digitized by Google

qui, dans tous les cas, sera nécessaire à la rupture de la barrette;

2° La vitesse d'impact soit égale à celle adoptée jusqu'alors pour les essais de fragilité, c'est-à-dire celle qui correspond à la chute libre de 4 m de hauteur.

La commande s'obtient par un embrayage cylindrique, dont l'élément mobile est monté sur un levier F. Ce levier s'accroche au bâti lors du débrayage; quand il est décroché, un ressort le sollicite pour l'embrayage et c'est alors que le volant se met à tourner progressivement jusqu'à la vitesse régime, soit par l'action de la main sur la manivelle, soit par la puissance de la transmission à câble, qui attaque la poulie à gorge.

La barrette A entaillée est placée entre griffes légères sur une enclume mobile.

Cette enclume, en acier moulé, porte au droit de la frappe, une plaque encastrée en acier fondu et trempé. Un ressort à boudin assez puissant tend toujours à pousser l'enclume vers le volant, c'est-à-dire dans la position où doit avoir lieu le choc.

C'est cette enclume qui porte le mécanisme essentiel, ayant pour objet d'amener, en temps opportun, la barrette sous le couteau.

Ce mécanisme est constitué par une came d'enclanchement de l'enclume, montée sur une tige qui la commande en rotation, mais la traverse librement dans le sens de l'axe.

Sa tige est terminée par un loquet et sollicitée par un ressort qui tend toujours à enclencher la came et à ramener la tige vers l'opérateur.

Lorsqu'à l'aide du levier G, placé à l'avant de l'appareil, on rappelle l'enclume, le ressort par torsion, enclenche la came et le loquet devient horizontal.

Lorsqu'on pousse sur le même levier, la tige se déplace et le loquet vient recevoir un coup de couteau qui déclenche la came et laisse l'enclume à l'influence du ressort.

Ce déclenchement est instantané et lorsque le couteau a fait un tour complet, il vient frapper en plein sur l'éprouvette.

Le tachymètre est une petite pompe centrifuge, à axe vertical qui, par un niveau d'eau gradué, donne les vitesses à tous les instants et le travail absorbé par simple lecture.

Un dispositif de sécurité fait qu'il est impossible de place l'éprouvette ou même de déplacer les griffes lorsque l'enclume est déclenchée.

En outre, le volant est protégé par un capot en fonte qu garantit de toute projection.

Digitized by Google

5° Essais a la bille de Brinell.

C'est encore avec un appareil Guillery (*fig. 6*) que nous avons mis en pratique l'essai à la bille de Brinell. Le principe de l'appareil consiste à enfoncer la bille dans le métal, au moyen de la pression donnée par des rondelles Belleville, sous une flèche

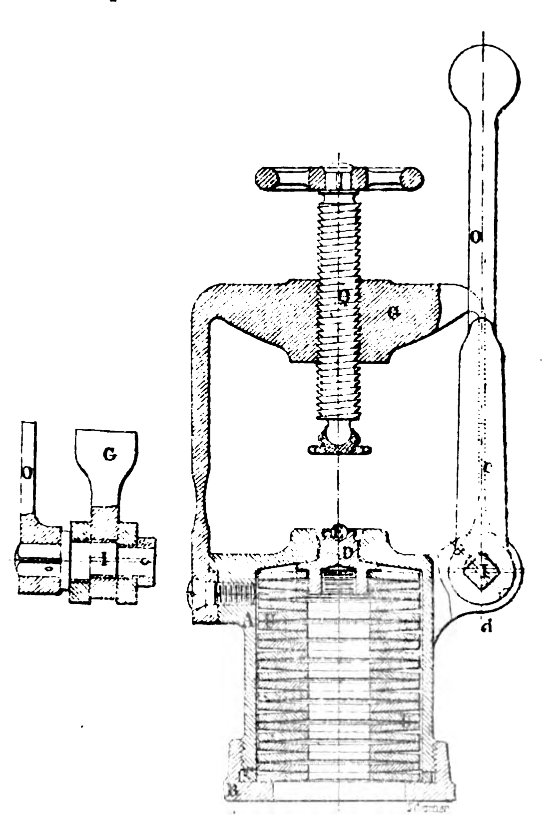



Fig. 6. — Appareil Guillery pour l'essai à la bille.

déterminée, ces rondelles intervenant pour limiter la pression. Il est disposé pour agir par une pression statique ; il se compose d'une boite cylindrique en acier A vissée sur un fond socle B et ıtenant les rondelles Belleville U et une cale de réglage C. pression des rondelles est transmise à la bille E au moyen ın support D. Cet ensemble constitue l'appareil de mesure. Au-dessus se trouve une presse à levier servant à comprimer ·chantillon sur la bille jusqu'au moment où la charge étant ffisante, les rondelles s'aplatissent et la bille s'éclipse.

Digitized by Google

Cette presse est constituée par un étrier G muni d'une vis de calage Q, qui sert à transmettre l'effort, mais non à exercer une pression; dès qu'il y a contact, le frottement empêche de continuer à serrer.

Une des extrémités de l'étrier G est articulée à un axe excentrique I mû par un levier O. L'excentricité étant de 1,5 mm, il en résulte que par une rotation du levier de 180 degrés on baisse l'échantillon de cette quantité. En recommençant au besoin jusqu'à ce que la bille ne s'enfonce plus, on est certain que l'empreinte a été obtenue à la pression correspondante à une flèche des rondelles de 1, 1/2 mm supérieure à la flèche au repos, c'est-à-dire sous une pression rigoureusement constante.

Il serait assez malaisé de régler cet appareil pour réaliser une charge donnée *a priori*.

On fait un tarage comme pour les machines de traction. Il peut se faire en prenant un métal de résistance connue et en mesurant le diamètre de l'empreinte.

Le métal qui peut offrir le plus de garanties de régularité est le bronze de la monnaie destiné aux médailles.

L'appareil à bille de 10 mm est réglé de manière à fournir une empreinte de 7 mm dans ces rondelles.

La mesure du diamètre des empreintes s'effectue à l'aide de la réglette en verre de M. A. Le Chatelier, qui porte, comme on le sait, deux traits formant un angle dans lequel on inscrit l'empreinte, la graduation portée par l'une des lignes permet d'apprécier environ le 1/10 de millimètre.

De la mesure faite, on déduit la charge de rupture en se reportant au graphique donné par M. Guillery.

### 6° Essais au cisaillage.

L'essai au cisaillage a fait l'objet de recherches toutes spéciales de la part de M. Frémont qui a établi la relation qui existe entre le cisaillement C et la charge de rupture T à la traction, à savoir :

$$T = \frac{C - 7,5}{0,34}.$$

La limite élastique se déduit aussi très aisément de la courbe de cisaillement. Enfin, M. Frémont a montré qu'en observant les diagrammes de cisaillements d'aciers connus, on constate que la distance de l'origine du diagramme à l'ordonnée maximum est bien fonction de la striction.

Digitized by Google

M. Frémont a tracé un graphique qu'il a publié dans la *Revue de Métallurgie* (mars 1906); il suffit d'appliquer convenablement sur ce graphique la courbe de cisaillement pour voir immédiatement la charge de rupture, la limite élastique et la striction.

Nous avons utilisé des éprouvettes ayant $40 \times 10 \times 10$ et qui, de par leur forme, sont extrêmement faciles à préparer.

L'appareil dont nous nous sommes servis est celui de M. Frémont *(fig. 3, Pl. 133)*. L'effort est donné au moyen d'un volant qui, par l'intermédiaire d'un engrenage, fait mouvoir une came; celle-ci, en se déplaçant, soulève un galet et un arbre qui, fixé en un point, s'abaisse à l'autre extrémité en entrainant le porte-outil.

L'effort de cisaillement s'exerce entre les arêtes vives de deux surfaces, l'une mobile appartenant au porte-outil, l'autre fixée sur la partie inférieure du châssis et supportant l'éprouvette.

Pour tracer le diagramme, la machine porte un élasticimètre basé sur le principe suivant : le châssis de la machine a une forme de C très allongé, il est en acier coulé et les entre-bâillements de ce châssis sont proportionnels aux pressions exercées; pour enregistrer ces pressions un long levier se trouve en équilibre entre les deux pointes non situées dans le même plan, reliées l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure du châssis.

D'autre part, les déplacements de l'outil sont donnés par un autre levier qui a un point fixe; l'une de ses extrémités est rejointe au porte-outil et l'autre au cylindre enregistreur dont il produit le mouvement de rotation. L'axe des $x$ donne les déplacements de l'outil, l'axe des $y$ les pressions.

Le diagramme tracé est reporté sur le graphique donné par M. Frémont et obtenu sur une machine semblable.

## Durée des essais.

En général, un échantillon ayant été remis un matin, même à la fin de la matinée, les éprouvettes étaient préparées l'après-midi; les essais pratiqués le lendemain et la fiche était prête quelques heures après. En résumé, on pouvait ne demander que quatre heures environ pour la série d'essais décrite plus haut, y compris la détermination des points de transformation et le tirage des photographies. Toutefois, les moyens un peu primitifs dont nous disposions ont apporté quelque retard dans l'exécution de notre programme.

Digitized by Google

| NUMÉROS | PROVENANCE | MARQUES | MICROGRAPHIE |
|---|---|---|---|
| 1 | Cockerill. | A. C. | Carbone = 0,05 (scories) . . . . . . . . . |
| 2 | — | C. B. | — 0,08 — . . . . . . . . . |
| 3 | — | C. C. | Carbone = 0,35 (traces de sorbite). . . . . |
| 4 | — | 6366 T. | Carbone = 0,12 . . . . . . . . . . . . . . |
| 5 | — | 9597 T. | — 0,25 . . . . . . . . . . . . . . |
| 6 | — | 3222 TTT. | — 0,5. . . . . . . . . . . . . . . |
| 7 | — | 7052 L. | — 0,7. . . . . . . . . . . . . . . |
| 12 | Cap. Lebrun. | Acier M. | Acier sp. Troostite et martensite (recuit). . . |
| 13 | — | — T. | — — — . . . |
| 14 | Lab. de Malines. | — I. | Extra doux ; carbone = 0,03. . . . . . . . |
| 15 | — | — II. | — — 0,07. . . . . . . . |
| 16 | — | — III. | — — 0,05. . . . . . . . |
| 17 | — | — IV. | — — 0,08. . . . . . . . |
| 18 | — | — V. | — — 0,07. . . . . . . . |
| 19 | — | — VI. | — — 0,06. . . . . . . . |
| 20 | Cockerill. | — 1. | Acier doux ; carbone = 0,16. . . . . . . . |
| 21 | — | — 2. | Carbone = 0,55 . . . . . . . . . . . . . |
| 22 | — | — 3. | — 0,75 . . . . . . . . . . . . . |
| 23 | — | — 4. | — 0,45 . . . . . . . . . . . . . |
| 24 | — | — 5. | Perlite anormale ; carbone = 0,45 ?. . . . . |
| 25 | Lab. de Malines. | Bronze I. | Étain = 10 0/0. . . . . . . . . . . . . . |
| 26 | — | — II. | — 10 — . . . . . . . . . . . . . . |
| 27 | — | — III. | — 11 — . . . . . . . . . . . . . . |
| 28 | — | — IV. | — 12 — . . . . . . . . . . . . . . |
| 29 | — | — V. | — 10 — . . . . . . . . . . . . . . |
| 30 | — | — VI. | — 12 — . . . . . . . . . . . . . . |
| 31 | M. Galopin. | Ac. NiCr électro. | Perlite en bandes ; carbone = 0,7. . . |
| 32 | — | Ac. Bischoff. | Acier spécial martensitique. . . . . . . . |
| 33 | — | Acier NY. | — sur la limite . . . . . . . |
| 34 | — | Acier RS. | Acier à 0,35 0/0 de carbone . . . . . . . |
| 35 | — | Ac. Mac. II. | Carbone = 0,3 . . . . . . . . . . . . |
| 36 | — | Acier NA. S. | Ac. sp. à fer γ à basse teneur en carbone . |

Digitized by Google

| ESSAI AU CHOC | ESSAI BRINELL | CISAILLEMENT | | POINTS CRITIQUES | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| kilogr. | R | R | E | CHAUFFAGE | REFROIDISS^t | |
| 4 | 52 | » | » | 755-890 | 850-750 | |
| 17 | 56 | 56 | 28 | 725 | 760-650 | |
| 7 | » | 76 | 36 | 720 | 700-660 | |
| 4 | 65,5 | 60 | 34 | 680-720 | 625 | |
| 8 | 53 | 56 | 40 | 675-710 | 640-575 | |
| 4 | 65,5 | 66 | 45 | 730 | 725, 660 | |
| 6 | 67 | 79 | 44 | » | » | Métal hétérogène. |
| 13 | 77 | 74 | 60 | » | » | |
| 17 | 72 | 68 | 45 | » | » | |
| 11 | 36,5 | 37,5 | 22 | » | » | |
| 10 | 34 | 42 | 25 | » | » | Métal hétérogène. |
| 11,5 | 36,5 | 32 | 20 | » | » | |
| 12,5 | 35,3 | 32 | 18 | » | » | |
| 11,5 | 34 | 36 | 24 | » | » | |
| 11,5 | 36 | 44 | 20 | » | » | |
| 20 | 52,5 | 53 | 30 | » | » | |
| 3,5 | 77 | 78 | 50 | » | » | |
| 2,25 | 92 | 88 | 60 | » | » | |
| 5 | 73 | 74 | 50 | » | » | |
| 5,5 | 82 | 82 | 50 | » | » | |
| 1 | 30 | 4 | » | » | » | Bronze très hétérogène. |
| 2 | 30 | 7 | » | » | » | — — |
| 2 | 32 | 6 | » | » | » | — — |
| 1,5 | 30 | 6 | » | » | » | — — |
| 1,25 | 29 | 7 | » | » | » | — — |
| 2 | 30 | 7 | » | » | » | — — |
| 7 | 88 | » | » | » | » | |
| 7 | 150 | » | » | » | » | |
| 10 | 71 | 69 | ? | » | » | |
| 4 | 82 | 73 | ? | » | » | Métal hétérogène. |
| | 54 | 54 | ? | » | » | |
| 1 | 51 | 51 | ? | » | » | |

Digitized by Google

En fait, les essais mêmes demandaient à peine une demi-heure y compris la micrographie, mais en exceptant la détermination des points critiques.

## Résultats obtenus.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau précédent, par ordre de réception des différents échantillons.

Les résultats étaient, comme nous l'avons dit, consignés sur des fiches. Nous en donnons quelques exemples. On y remarquera la micrographie, la courbe de cisaillement, la photographie de la courbe d'échauffement et de refroidissement et aussi la photographie de l'essai à la bille et de l'essai au choc; la photographie de l'éprouvette entaillée brisée pouvait permettre de mesurer l'angle formé par les deux portions de l'éprouvette; cet angle est en rapport, comme l'on sait, avec la fragilité; la photographie de l'essai de Brinell n'avait aucun intérêt spécial, la mesure ne pouvant être faite sur cette reproduction.

## Conclusions.

Le Congrès de Bruxelles a fait faire incontestablement un pas important à toutes les méthodes modernes d'essais.

Les nombreux mémoires qui y ont été présentés, les discussions si importantes qui s'y sont produites, ont permis d'éclaircir de nombreux points.

J'ai été particulièrement heureux et fier de représenter la Société des Ingénieurs Civils de France dans cette grande réunion de savants et d'industriels.

Quant au laboratoire qui a pu exécuter trente et un examens de produits métallurgiques consistant en essais de fragilité, de dureté et de cisaillement, détermination de la microstructure et des points critiques il a montré nettement la rapidité d'exécution et l'intérêt des méthodes d'essais modernes.

L'attention dont ont bien voulu l'entourer les congressistes en est la meilleure preuve.

En terminant, on ne saurait trop louer le Comité d'organisation et tout spécialement M. Greiner, dont l'aimable accueil et l'infatigable activité ont tant contribué au succès de cette réunion.

Digitized by Google

# FABRICATION
## DE LA
# TÔLE GALVANISÉE

PAR

**Léon GEORGEOT**

---

## I. — COMPARAISON ET ÉTUDE DE LA FABRICATION ACTUELLE ET DU PROCÉDÉ MACHET

Il est admis aujourd'hui que les grands rendements industriels ne peuvent être obtenus qu'avec des machines à grosse production qui diminuent la main-d'œuvre et la consommation des matières premières.

La tôle galvanisée, qui est un produit métallurgique important, peut subir, dans ces conditions de fabrication, une amélioration économique par l'emploi du procédé Machet, qui est une machine à grosse production.

Actuellement, la galvanisation de la tôle noire d'acier est obtenue par le procédé dû aux appareils Heatfield et Thomas Recs. Dans ces appareils, les feuilles utilisant leur propre flexibilité, due à leur minceur, sont passées, suivant un arc de cercle, dans un bain de zinc en fusion et cela dans le sens de leur plus grande dimension.

Or, examinons des cylindres d'acier ayant un diamètre de

A Arrivée de la feuille
D Cylindres d'acier D-0$^{m}$180
N Niveau du zinc fondu
G Guide en acier, pour passage de la feuille
S Sortie de la feuille

0,180 m, animés d'un mouvement de rotation uniforme et continu qui, saisissant la feuille, la tirent d'abord, la poussent dans le zinc ensuite, et finalement l'évacuent hors du zinc, suivant schéma ci-dessus.

Digitized by Google

Nous aurons donc, pour six tours à la minute des cylindres, un développement de 2035 m et 2374 m pour sept tours en dix heures de travail.

Le procédé Machet supprime la main-d'œuvre et augmente la production en économisant la matière première. En effet, une fois posée à l'entrée de la machine, la feuille n'exige plus aucune manipulation, elle traverse automatiquement la machine : un seul ouvrier est nécessaire.

Ce procédé permet, de plus, l'obtention de tôles galvanisées présentant les caractères suivants :

1° Adhérence parfaite du zinc, due à l'uniformité de temps pendant lequel toutes les tôles restent immergées dans le zinc fondu;

2° Minimum de consommation de ce métal, les sous-produits formés se répartissant sur un tonnage plus élevé et au chauffage au gaz et à l'air, ce qui permet de régulariser la température;

3° Surface des tôles exemptes de taches de sel ammoniac;

4° Obtention de tôles depuis 0,0006 m jusqu'à 0,004 m d'épaisseur;

5° Ils supprime les « wasters » ou deuxième choix.

## Principe.

Ceci exposé, étant donné le prix de revient de tout produit qui se compose :

1° De la main-d'œuvre;

2° Des frais généraux;

3° De la quantité des matières premières consommées, examinons les résultats obtenus.

Le tableau n° 3 nous donne comme production, en dix heures de travail, avec l'appareil Heatfield, un tonnage de 4000 kg, et avec la machine Machet un tonnage qui peut, si l'on veut, être plus élevé dans un rapport de 3,85.

Comment obtient-on ce résultat ?

Si nous considérons les dimensions usuelles des tôles que l'on galvanise dans l'industrie, nous avons le tableau suivant :

Digitized by Google

Tableau 1.

| Largeur. | Longueur. | Superficie. |
|---|---|---|
| — | — | — |
| 0,65 m | 1,65 m | 1,07 $m^2$ |
| 0,80 — | 1,65 — | 1,37 — |
| 0,80 — | 2,00 — | 1,60 — |
| 1,00 — | 2,00 — | 2,00 — |
| 1,00 — | 3,00 — | 3,00 — |

d'où l'on peut tirer la dimension et la superficie moyenne suivantes :

Tableau 2. — *Feuille type.*

| Largeur. | Longueur. | Superficie. |
|---|---|---|
| — | — | — |
| 0,85 m | 2,06 m | 1,7980 $m^2$ |

Ces points établis, pour calculer la production moyenne, nous voyons que les feuilles étant poussées à la main entre les cylindres d'entrée devraient théoriquement se suivre comme un ruban sans fin. Mais, pratiquement, il n'en est pas toujours ainsi et pour deux raisons :

1° L'on perd toujours une longueur $x$ entre deux feuilles ;

2° Certaines feuilles plus ou moins malléables n'avancent que difficilement entre les deux branches du guide et, finalement, s'y arrêtent. D'où interruption dans la fabrication.

Considérons la première raison que nous venons d'exposer : l'on peut dire que la longueur réelle de la feuille est augmentée d'une longueur $x$ telle que 2,06 m devient 2,60 m, d'où il résulte que pour connaître le nombre de feuilles produit par les cylindres faisant six tours, nous poserons en dividende la longueur totale développée et en diviseur la longueur 2,60 m, ce qui nous donne 782 feuilles, et à 50 0/0 de perte l'on obtient 391 feuilles.

La machine Machet au lieu de pousser les feuilles dans leur longueur les immerge mécaniquement dans leur largeur dans le zinc, et nous obtenons, à sept tours à la minute, en prenant 0,90 m de largeur, 2637 feuilles, soit, avec une diminution de production, 1504 feuilles, soit 43 0/0 de perte. Ce chiffre est voulu.

Digitized by Google

Pour savoir quel est le poids qui correspond à ce nombre de feuilles, nous prendrons l'épaisseur moyenne usitée et qui est le 6/10. Cette épaisseur (1) pesant 5,384 kg le mètre carré la feuille type pèsera 9,630 kg, de sorte que nous obtiendrons le tableau ci-dessous :

TABLEAU 3. — *Production de la tôle galvanisée en dix heures de travail.*

| Fabrication actuelle. | Procédé Machet. |
|---|---|
| Les cylindres font 6 tours à la minute. | Les cylindres font 7 tours à la minute. |
| *Nombre de feuilles obtenues.* | *Nombre de feuilles obtenues.* |
| 391 | 1 504 |

| | |
|---|---|
| Poids du mètre carré en 6/10. . . | 5,380 kg. |
| Superficie de la feuille. . . . . . | 1,7980 m². |
| Poids de la feuille. . . . . . . . | 9,67 kg. |

| Poids des 391 feuilles produites. | Poids des 1 504 feuilles produites. |
|---|---|
| 3 780 kg | 14 543 kg |

Rapport de la production. . . $\frac{14\,543}{3\,780} = 3,85.$

Il résulte de ce tableau de production, que le procédé Machet produit 3,85 fois plus que la fabrication actuelle.

Il importe maintenant, pour la clarté de cette étude, de savoir combien dans 100 kg de tôles 6/10 il y a de poids en fer noir et en zinc. Pour cela nous devons noter les deux points suivants :

1° Si l'on prend des échantillons de tôle galvanisée de 0,05 de côté ou 0,0025 m² et que le zinc étant dosé, l'on rapporte les résultats au mètre carré, l'on trouve des poids constants variant entre 0,700 kg et 0,800 kg pour les deux surfaces de la tôle (1);

2° Le zinc est un métal qui s'oxyde sans cesse lorsqu'il est en

(1) 0,780 kg de fer sur une longueur et sur une largeur de 1 m donnent une épaisseur de 0,0001 m. Nous aurons donc 0,780 × 6 = 4,680 kg. Si l'on ajoute 0,700 kg de zinc, nous obtenons 5,380 kg.

(1) Ces résultats sont ceux fournis par le laboratoire de deux grandes usines métallurgiques.

Digitized by Google

fusion continue de jour et de nuit comme l'est un bain de galvanisation. Il s'oxyde alors de deux façons :

A. Superficiellement en donnant de l'oxyde de zinc;

B. Intermoléculairement c'est-à-dire dans sa masse elle-même, en subissant une sorte d'interversion : le zinc s'abîme et se transforme en oxyde de zinc, produit pâteux qui, plus dense que le zinc lui-même, va dans le fond du bain ; en cet état, on lui donne le nom de « matte de zinc ». Analysons ces deux points A et B.

A. *Du surpoids des feuilles décapées.* — Considérons une feuille de 1 m × 2 m × 6/10. Le poids d'une telle feuille sera de 10,800 kg de sorte que dans 100 kg de feuilles, il y aura $\frac{100}{10{,}8 \text{ kg}} = 9$ feuilles qui auront une superficie de 9 × 2 = 18 m², qui consommeront un poids de zinc égal à 18 × 0,8 = 14,400 kg, et nous dirons que dans 100 kg de feuilles galvanisées il y aura en fer et en zinc :

Tableau 4. — *Composition centésimale de la tôle galvanisée 6/10.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Poids en kilogrammes | | ..... | 100 » |
| Zinc | — | ..... | 14,40 |
| Fer noir | — | ..... | 85,60 |

B. *De la formation des oxydes et des mattes.* — Les cylindres qui retirent la feuille hors du zinc, tournant continuellement, lorsqu'il n'y a pas passage d'une feuille, d'où non-production, il y a perte en zinc, les cylindres se galvanisant sans cesse aux dépens de la feuille non produite : ils consomment donc du zinc dans une proportion de 1 kg de zinc pour 100 kg de produits finis. Dans une production de 3780 kg, soit 4 t, l'on consommera donc une valeur de 40 à 45 kg de zinc, ce qui, à 70 f, représentera 28 f pour 40 kg. Dans le procédé Machet, l'on consommera du zinc dans une proportion qui suivra la production, soit $\frac{40}{3{,}85} = 10{,}3$ kg soit 11 kg de zinc ayant une valeur de 7,70 f.

Quant à la matte qui, plus dense et plus lourde que le zinc, se dépose dans le fond du bain, d'où on la retire à intervalles réguliers, cette matte a néanmoins une grosse valeur marchande,

Digitized by Google

puisqu'elle sert à faire la peinture au blanc de zinc. Son prix de vente suit le cours du zinc diminué de 10 f aux 100 kg; or, si le zinc vaut 70 f, la matte vaudra 60 f. La quantité de mattes formée est donc une perte quand même ; cette quantité pour un bain contenant 15 000 kg de zinc en fusion, atteint un poids sensiblement constant de 700 kg par semaine, soit, par mois, 2 800 kg. Si l'on répartit ce poids sur 25 jours de travail, l'on aura $\frac{2\,800 \text{ kg}}{25} = 112$ kg de mattes par jour. Mais, comme le volume des mattes enlevées doit naturellement être remplacé par son volume de zinc, pour parfaire le niveau du zinc dans le bain, l'on devra ajouter un même volume de zinc et la densité de la matte étant 1,3 pour le zinc 1, il résulte que tous les jours l'on consommera un poids de zinc égal à $112 \times 1{,}3 = 155$ à 160 kg de zinc.

D'où l'on peut dire que tous les jours, l'on consommera :

1° La quantité de zinc, nécessitée par la superficie produite;

2° Celle nécessaire, pour remplacer les oxydes superficiels;

3° Et enfin celle des mattes.

De sorte qu'il est utile de présenter le tableau ci-dessous :

TABLEAU 5. — *Quantité et valeur du zinc total consommé.*

| | FABRICATION ACTUELLE | | | | PROCÉDÉ MACHET | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | POIDS produit en kilogr. — 4 000 | Superficie corresp. en mètres carrés — 703 | ZINC total consommé | d'où : ZINC aux 100 kg | POIDS produit en kilogr. — 14 540 | Superficie corresp. en mètres carrés — 2 704 | ZINC total consommé | d'où : ZINC aux 100 kg |
| Zinc superficiel. | 563 | 563 | 763 | 19 | 2 163 | 2 163 | 2 334 | 16 |
| — oxydes. . . | 40 | 40 | | | 11 | 11 | | |
| — mattes. . . | 160 | 160 | | | 160 | 160 | | |
| Valeur du zinc à 70 f. | | | 534 | 13,30 | | | 1 633 | 11,20 |

Ce tableau nous permettra, enfin, de dresser le tableau d'analyse comparatif ci-dessous, n° 6.

Digitized by Google

TABLEAU 6. — *Tableau d'analyse comparatif. — Fabrication de la tôle galvanisée.*

| NUMÉROS | ÉLÉMENTS de la PRODUCTION | FABRICATION ACTUELLE — DÉPENSE ET VALEUR OU PRIX DE REVIENT pour une production de : (en dix heures de travail) 100 kg | | 4 000 kg | | PROCÉDÉ MACHET — DÉPENSE ET VALEUR OU PRIX DE REVIENT pour une production de : (en dix heures de travail) 100 kg | | 14 450 kg | | VALEUR DES ÉLÉMENTS de la production aux 100 kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kg | f | kg | f | kg | f | kg | f | |
| | Capital : | | | | | | | | | |
| 1 | Tôles noires | 83,60 | 28,25 | 3 424 | 1 129,92 | 83,60 | 28,25 | 12 369 | 4 081,77 | 100 × 200 × 6/10 = 33 f |
| 2 | Zinc | 19 » | 13,30 | 763 | 534 » | 16 » | 11,20 | 2 331 | 1 633 » | 70 f |
| 3 | Sel ammoniac | 1,25 | 0,75 | 50 | 30 » | 0,173 | 0,103 | 25 | 15 » | 60 |
| 4 | Acide | 20 » | 1,10 | 800 | 44 » | 16,60 | 0,913 | 2 400 | 132 » | 5,50 |
| 5 | Houille | 25 » | 0,50 | 1 000 | 20 » | 3,46 | 0,069 | 500 | 10 » | 2 |
| 6 | Entretien | » | 0,50 | » | 20 » | » | 0,138 | » | 20 » | » |
| 7 | Frais généraux | » | 1,62 | » | 65 » | » | 0,622 | » | 90 » | » |
| 8 | Main d'œuvre | » | 1,62 | » | 66 » | » | 0,207 | » | 30 » | » |
| 9 | TOTAL | » | 47,64 | » | 1 907,92 | » | 41,502 | » | 6 011,77 | » |
| 10 | Valeur des mattes | 2,80 | 1,68 | 112 | 67,20 | 0,775 | 0,465 | 112 | 67,20 | » |
| 11 | Prix de revient | » | 45,96 | » | 1 840,72 | » | 41,037 | » | 5 944,57 | » |
| 12 | Prix de vente | 48 » | | | | | | | | » |

Dans le tableau n° 6, nous voyons en comparant la part afférenté à chacun des éléments de la production, une dépense moins grande aux 100 kg de tôles galvanisées produites, en faveur de la machine Machet.

Cela est logique. Pour l'élément zinc, le volume des mattes formées et l'oxyde de zinc superficiel étant formés par le chauffage, le poids du zinc nécessaire pour remplacer ces sous-produits se répartit sur le tonnage total de la production qui est plus élevé en dix heures de travail. Bien plus, l'on peut prévoir et affirmer qu'avec le chauffage à gaz et à l'air qui sera substitué au chauffage direct, l'on sera plus à même de gouverner le feu en plus ou en moins, ce qui permettra d'éviter tant les coups de feu si néfastes pour les parois du bain que pour l'interversion du zinc, lui-même, en mattes — d'où diminution certaine du poids quotidien des mattes formées.

Même raisonnement pour la consommation de sel ammoniac.

Quant à l'acide, la forte avance de tôles que l'on sera forcé de mettre au décapage, permettra, pour cette raison même, d'utiliser plus complètement à fond l'action de l'acide — puis, nous savons que parmi les réactions diverses donnant de l'acide chlorhydrique — en considérant le procédé ordinaire de préparation, bien connu.

$$NaCl + SO^4H^2 = HCl + SO^4NaH \ (1).$$

le chlorure de sodium, peut être remplacé par la plupart des chlorures métalliques. Ici, le chorure de fer obtenu et traité par $SO^4H^2$ donnera HCl et un sous-produit utilisé dans l'industrie et ayant une valeur marchande qui est le sulfate de fer. Nous aurons donc une très grande économie sur la consommation de l'acide nécessaire au décapage.

Pour justifier la diminution de combustible, malgré le plus grand apport de tôles froides — le chauffage au gaz à chambres de récupération qui se substitue au chauffage direct, permet par les changements de la valve et les soupapes d'air et de gaz, d'obtenir le degré de chaleur qui sera nécessaire.

L'entretien sera le même — La main-d'œuvre ne donne presque plus rien — c'est naturel, tous les mouvements de la machine se faisant mécaniquement. — De même, diminution des frais généraux aux 100 kg produits. Tels sont les quantités

(1) C'est la formule du sulfate acide de sodium. Dans l'industrie, l'on obtient le sulfate neutre selon la formule $Nacl + SO^4NaH = Hcl + SO^4Na^2$.

Digitized by Google

et avantages, représentant la part des facteurs — matières premières et main d'œuvre — première constatation. D'autre part, le prix de revient qui était de N francs, tombe à $\frac{N}{x}$, deuxième constatation. Donc, plus ajouté à plus donne moins, puisque, si à ce prix de revient moins élevé, l'on ajoute un profit plus fort, l'on obtient un produit final que l'on peut produire à meilleur marché.

## II. — DESCRIPTION DE LA MACHINE MACHET (Pl. 134).

Cette machine qui utilise complètement, sans perte de longueur théorique, le développement des cylindres, est destinée à rendre mécaniques toutes opérations nécessaires à la galvanisation de la tôle en les immergeant dans le zinc dans le sens de leur largeur et par conséquent, à augmenter la production dans de notables proportions tout en diminuant la main-d'œuvre et en réduisant, au minimum, la consommation des matières premières.

Pour transformer une feuille de tôle décapée en tôle galvanisée, il faut :

1° Enfoncer la dite feuille dans le zinc fondu à travers une couche de sel ammoniac, surnageant le zinc;

2° Retirer la feuille immergée dans le zinc, assez lentement et suivant l'épaisseur de la feuille et suivant le degré de chaleur du bain de zinc fondu.

Or, si l'on considère un creuset en tôle A *(fig. 1)* des dessins annexés, rempli de zinc fondu jusqu'au niveau $nn^1$ sur le côté gauche duquel est placé une couche de sel ammoniac à l'état de fusion, tandis que sur le côté droit se trouvent deux cylindres $ee^1$ animés d'un mouvement de rotation uiforme dans le sens des flèches $ff^1$ l'opération nécessaire et suffisante pour galvaniser une tôle décapée sera la suivante :

1° Placer la feuille dans un plan géométrique tel qu'elle puisse être enfoncée dans le zinc, soit le plan AB *(fig. 1)*.

2° Immerger dans le zinc, c'est-à-dire, la pousser de haut en bas dans le sens de sa largeur suivant *ab* pour qu'elle vienne en *db* après avoir traversé la couche de sel $mm^1$.

3° Relever la feuille immergée dans le zinc en lui faisant décrire un arc de cercle *de* tel, que la feuille vienne se placer



Digitized by Google

dans le plan vertical *bc* correspondant avec la ligne tangente de la table des cylindres, soit le plan $bc^2$.

4° Soulever la feuille immergée dans le zinc, d'une hauteur telle que la feuille vienne se prendre en *s* entre les cylindres $ee^1$ ce qui aura pour résultat de sortir la feuille galvanisée hors du zinc et la porter en $r^1s^1$.

5° Maintenir la feuille verticale au-dessus des cylindres pour qu'elle ne tombe pas à droite ni à gauche en *d* ou en *f*.

6° Soulever la feuille d'une hauteur telle qu'elle vienne en $r^1s^1$ pour pouvoir passer par-dessus la paroi droite du bain en *dt* et les cylindres.

7° Transporter la feuille soulevée du plan $r^1s^1$ au plan $r^2s^2$.

8° La transporter finalement hors du plan $r^2s^2$.

Toutes ces opérations successives sont effectuées au moyen de la machine représentée schématiquement sur la planche 134 des dessins annexés. Tous les organes de la machine sont mis en mouvement par un certain nombre de cames A.B.C.D.E.F. actionnées par un même arbre moteur et qui sont reliées aux différents organes par des leviers dont la longueur et la course, combinées avec la forme des cames déterminant les mouvements de la tôle citée plus haut et ceci d'une manière régulièrement mathématique comme on le verra plus loin. — Pour déterminer le temps nécessaire à chaque manipulation pour une certaine vitesse angulaire de l'arbre à cames, l'on a divisé le plan de chaque came en un certain nombre de secteurs de 1 à 12, — soit, par exemple, la vitesse d'une came de deux tours à la minute et un tour complet en 12 secteurs, l'un des secteurs sera parcouru en 2,5 secondes écoulées.

Les diagrammes des différentes cames sont représentées par les figures 2, 3, 4, 5, 6 et 7. La figure 8 est une élévation schématique de la machine. Dans la première phase de l'opération, la came A agira par l'intermédiaire de leviers sur le plateau basculeur 13, sur lequel on place la feuille décapée M destinée à être galvanisée. Comme on le voit sur le schéma de la came A *(fig. 2)* le basculeur restera dans la position réprésentée sur le dessin et voisine de l'horinzontale pendant quatre secteurs de temps, c'est-à-dire, $4 \times 2,5 = 10$ secondes. A cet endroit, commence la saillie de la came qui se poursuit pendant trois secteurs. Le doigt en remontant cette saillie s'éloigne du centre et par l'intermédiaire des leviers, fait relever le basculateur 13 qui prend une position verticale et avec lui la feuille de tôle M,

placée dessus. Il reste dans cette position pendant quatre secteurs, c'est-à-dire 10 secondes et la feuille s'applique contre le guide 14. Puis, il revient rapidement à sa position primitive pour reprendre une seconde feuille. Pendant ce temps, la feuille est saisie par un crochet 15, actionné par la came B. Comme on le voit sur le schéma (*fig. 3*) le crochet descend lentement pendant six secteurs, c'est-à-dire, 15 secondes, puis il lâche la feuille et remonte rapidement pour attendre l'arrivée de la seconde feuille. Pendant ce temps, la première feuille est arrivée dans la cuve 16, après avoir traversé lentement la couche de sel ammoniac et s'être immergée dans le zinc fondu. Le plan incliné du panier 17 l'a fait dévier légèrement de la verticale et venir s'appuyer contre le releveur 18, actionné par la came C, (*fig. 4*). Le releveur 18 la pousse lentement pendant six secteurs contre le guide 19 et elle vient se placer d'elle-même sous les cylindres 20, tout en restant sur le panier 17. Le releveur revient alors rapidement dans sa première position, où il attend l'arrivée de la seconde feuille dans le zinc. — A ce moment, c'est la came D (*fig. 5*) qui entre en jeu. Elle actionne, par l'intermédiaire de leviers, le panier 17 qui remonte en poussant la feuille de tôle entre les cylindres 20. Une fois la feuille pincée entre les cylindres, le panier redescend vivement, tandis que la feuille reste engagée entre les deux branches 21 de la pince. Celle-ci porte, sur son prolongement 22, un galet 23, s'appuyant sur un levier relié à la came E (*fig.6*). Celle-ci, en soulevant le levier, fait remonter la pince qui entraîne les leviers 24, 25 et 26, d'un parallélogramme articulé. Le bras 26 de ce parallélogramme s'appuie sur un buttoir fixe 27, obligeant ainsi les levier, 24 et 25 à décrire un arc de cercle. Le levier 24 est calé sur l'axe d'une came 27, représentée à la plus grande échelle sur les figures 9 et 10; cette came, en tournant, vient s'appuyer fortement contre le bras de gauche de la pince 21 et serrer la feuille de tôle entre la came et le bras. A ce moment, la feuille est complètement dégagée des cylindres et la pince maintenant la feuille de tôle se déplace latéralement par le moyen d'un chariot 28 et des galets 29 se mouvant sur un chemin de roulement 30 et actionné par la came F (*fig. 7*) et ses leviers. Arrivée au-dessus du guide 31, la pince lâche la feuille de tôle qui tombe d'elle-même sur le guide et ensuite sur le transbordeur 32.

L'opération est terminée. La distribution du sel ammoniac,

Digitized by Google

sur le zinc fondu, se fait au moyen de l'appareil 33 *(fig. 8)*, représenté à plus grande échelle sur la figure 11. Il se compose d'une trémie 34, contenant ledit sel. Celui-ci tombe sur l'arbre 35, animé d'un mouvement de rotation uniforme, lequel entraîne la vis sans fin 35 et avec elle, le sel ammoniac. En sortant de la vis, le sel tombe sur une plaque 36 munie de fentes rectangulaires qui se déplacent sur une seconde plaque 37 munie également de fentes. Par le déplacement respectif de ces deux plaques, l'on règle l'ouverture du passage du sel, et, par conséquant, le débit de ce dernier tombera ainsi, plus ou moins abondamment sur la trémie 38, et de là, dans la boîte à chlorure 39.

En résumé, la machine Machet à galvaniser les tôles mécaniquement, est caractérisée par l'emploi de cames qui actionnent par l'intermédiaire de leviers, les différents organes nécessaires à la manipulation de feuilles de tôles pour les faire passer successivement et automatiquement par toutes les phases que nécessite la galvanisation — et cela, sans arrêt, ni interruption entre deux feuilles, de façon telle, que ces dernières se suivant sans discontinuité, elles passent continuellement entre les cylindres, en utilisant complètement leur développement — ce qui a pour résultat de donner une production intensive.

## Conclusion.

De cette étude, nous voyons que ce n'est que grâce à une machine à grosse production, que le procédé Machet réalise néanmoins ce qui semble être un paradoxe, c'est-à-dire, l'abondance et le bon marché.

---

Digitized by Google

# CHRONIQUE

## N° 326.

---

Sommaire. — Le chemin de fer de Tehuantepec. — La construction navale en 1906. — Une puissante drague. — Stages pratiques imposés aux élèves ingénieurs en Allemagne. — Le système métrique en Angleterre. — Épuration des eaux d'égout par le système Vial.

**Le chemin de fer de Tehuantepec.** — Dans la séance de la Société du 5 mars 1880, notre regretté collègue Cotard appelait l'attention sur la création d'un chemin de fer traversant l'isthme de Tehuantepec et annonçait que cette ligne n'était plus à l'état de projet, mais que les travaux en étaient commencés. Ce travail, dont un autre de nos collègues, Francisco de Garay, s'était fait le zélé et habile défenseur, devait ouvrir bientôt au commerce des deux mers une route présentant, sur toutes les solutions proposées pour un canal maritime, l'immense avantage de n'avoir à rémunérer qu'un capital relativement insignifiant.

On a peu parlé depuis cette époque du chemin de fer de Tehuantepec : aussi croyons-nous intéressant de donner ici quelques détails sur la situation actuelle de l'affaire d'après un travail de M. Gibert C. Terry, publié par l'*Engineering Magazine*.

L'auteur rappelle d'abord comment Fernand Cortès, après la conquête du Mexique, vers 1520, fut amené à faire rechercher, sur la côte, un emplacement pour établir un port mieux abrité et moins malsain que celui de Vera-Cruz. Cet emplacement fut trouvé à l'embouchure du fleuve Coatzacoalcos où les Espagnols établirent un fort qui devint le centre d'une petite colonie. Cortès proposa alors au roi d'Espagne de construire une route carrossable entre cette localité et la côte du Pacifique. Cette voie de communication, dite *caminoreal*, fut rapidement exécutée et forma la première entre les deux mers. Elle fut largement utilisée par les Argonautes de 1849 dans leur course à la conquête de la Toison d'or en Californie. Humboldt, qui la parcourut plusieurs siècles après la mort de Cortès, la considérait comme devant donner un jour passage au commerce du monde. Toutefois, ce n'est qu'après la guerre entre le Mexique et les États-Unis, qu'on pensa à établir un chemin de fer entre Coatzacoalcos et Salina-Cruz, sur le Pacifique, mais ce projet n'eut pas de suite. Plus tard, de 1876 à 1892, il n'y eut pas moins de trois concessions accordées successivement par le Gouvernement mexicain pour des chemins de fer à travers l'isthme de Tehuantepec; aucune n'aboutit à un résultat pratique, bien que le fameux capitaine Eads fût à la tête d'une de ces entreprises; il mourut en 1887 découragé, mais répétant que l'avenir prouverait la justesse de ses vues sur cette question.

Enfin, une concession fut donnée en 1893 à Stanhope, Hampson et Corthell, lesquels s'engageaient à exécuter en quinze mois un chemin de fer à travers l'isthme de Tehuantepec pour le compte du Gouvernement mexicain à un prix ne dépassant pas 100 millions de francs en

Digitized by Google

nombre rond. Le délai ne fut guère dépassé, car le chemin de fer fut achevé en 1895, formant ainsi une ligne ferrée continue de 210 km de longueur n'excédant pas une altitude de 260 m au-dessus du niveau de la mer.

L'achèvement de ce travail causa une grande satisfaction au Mexique où on crut voir arriver les marchandises du monde entier pour transiter d'un océan à l'autre; mais on s'aperçut bientôt qu'on avait oublié une chose essentielle: les ports de Coatzacoalcos et de Salina Cruz étaient peu sûrs et incapables de recevoir et d'abriter même les navires d'un tonnage plus que modéré. Il restait donc à faire beaucoup de travaux devant coûter pas mal de millions avant de pouvoir utiliser le chemin de fer transisthmien.

A cette époque, il y avait aux États-Unis une vive agitation par suite de la lutte entre le canal de Panama et celui de Nicaragua et les Américains du Nord ne paraissaient pas devoir s'intéresser à la question du Tehuantepec. Le Mexique s'adressa donc à l'Angleterre et trouva pour l'amélioration de la voie ferrée et le creusement des ports terminus à des profondeurs leur permettant de recevoir les plus grands navires, un précieux concours dans la personne de l'éminent entrepreneur Sir Weetman Pearson.

Il fut passé, entre le Gouvernement mexicain et lui, un contrat par lequel l'entreprise se chargeait de la construction, de l'entretien et de l'exploitation du chemin de fer et des ports comme agent et représentant du Mexique. Tous les travaux devaient être achevés dans un délai de sept années à partir de la date du marché (février 1899). Ils doivent donc être terminés aujourd'hui. On estime qu'il a été dépensé, depuis l'origine 350 millions de francs et on pense avoir encore à dépenser 150 millions en améliorations diverses.

Nous avons vu que l'isthme de Tehuantepec a 210 km de largeur à sa partie la plus étroite, mais le tracé du chemin de fer a un développement de 309 km par suite des détours qu'on a dû faire pour ne pas s'élever à une trop grande altitude.

La ligne monte graduellement, de Coatzacoalcos, situé au bord de la mer, jusqu'au col de Chivela, qui forme le point de partage, et est à 220 m d'altitude. Les travaux comprennent de nombreux ouvrages d'art, notamment, dans le cañon de Malatengo et dans la passe de Chivela qui a 29 km de longueur. A Chivela, il a fallu établir deux courbes en fer à cheval avec un tunnel. Après ce point, la descente est en général assez rapide, les déclivités allant jusqu'à 30 0/00.

A côté de la ligne principale, il y a un embranchement d'une longueur de 25 km environ reliant deux localités du nom de Julie et San Juan Batista; de plus, à la station de Lucrecia, le chemin de fer de Tehuantepec se raccorde au Vera Cruz and Pacific R.R., ligne en exploitation actuellement entre Vera-Cruz et Cordoba. On va aussi établir un embranchement de 25 km, allant de la ligne principale au district de Minatitlan, où on a fait, depuis deux ans, des recherches pour trouver le pétrole, recherches qui ont réussi, et on y trouve actuellement assez d'huile pour justifier l'érection d'une usine de raffinage. Ces puits appartiennent à la Compagnie Pearson qui se servira de l'huile pour l'exploitation du

Digitized by Google

chemin de fer, et ne sera plus obligée de recourir au pétrole du Texas. Elle est la première, au Mexique, à brûler le pétrole sur les locomotives; les résultats étaient excellents, mais le prix du pétrole importé en rendait l'emploi à peu près impossible.

A Coatzocoalcos, le fleuve forme un port naturel, d'une étendue presque illimitée et d'une profondeur de 15 m en moyenne. Dans ces conditions, le problème à résoudre se réduisait à peu près entièrement à l'enlèvement de la barre et aux moyens pour prévoir la formation d'une nouvelle. On a eu recours aux méthodes mises en service avec succès à l'embouchure du Mississipi et à Tampico, consistant dans la construction de deux jetées allant de l'embouchure du fleuve à la mer, de manière à retenir le lit et à créer un courant capable d'empêcher les agglomérations de sable. Ces jetées ont 1 200 m de longueur et sont écartées l'une de l'autre de 300 m.

La Compagnie anglaise est en train de construire des quais qui longeront le fleuve sur une longueur de 1 500 m environ et huit appontements en charpente d'acier pour des magasins et plusieurs kilomètres de voie. Les quais seront pourvus d'appareils de chargement mus par l'électricité; il en sera de même des magasins; on pourra transborder, d'une seule opération, les marchandises des wagons ou des magasins aux navires et réciproquement.

Il y a d'autres travaux en cours d'exécution: ainsi, à Coatzacoalcos, l'installation de l'éclairage électrique, la construction de maisons d'habitation pour le personnel, un hôpital, etc.; on a établi une distribution d'eau et apporté la plus grande attention aux conditions hygiéniques de la ville. Du reste, l'isthme de Tehuantepec est beaucoup moins sujet à la fièvre jaune et autres maladies des tropiques que d'autres localités peu distantes; certains vents, qui règnent d'une manière à peu près continue dans le Golfe du Mexique, rendent le climat frais et salubre.

Au début de l'exploitation, à la fin de 1906, il ne devait y avoir qu'une seule voie, mais cette voie sera doublée dès que le trafic des marchandises justifiera cette addition. Le matériel roulant se compose, dès à présent, de 12 000 wagons à marchandises et de 50 locomotives; on prend déjà des mesures pour l'augmenter dans une notable proportion.

La voie est à l'écartement normal de 4 pieds 8 1/2 pouces, soit 1,435 m. Il y a un grand nombre de ponts, tous en acier avec piles et culées en maçonnerie. Quelques-uns sont très importants, par exemple, le pont sur la rivière Jaltepec, à Santa-Lucrecia, de 170,80 m de longueur en cinq travées. Les traverses sont en pin créosoté, en bois durs du pays ou en bois de Californie. *(A suivre.)*

**La construction navale en 1906.** — L'année 1905 parait avoir été une année particulièrement favorable au développement de l'industrie de la construction navale, si on en juge par le tonnage produit et la grandeur des navires. Le *Glasgow Herald* signale un accroissement de la production pour la Clyde, le Forth, la Tay, la Dee, la Tyne, la Wear, la Tees, Hartlepool, l'Humber, l'Irlande, les colonies anglaises, puis les États-Unis, l'Allemagne, la Hollande, le Japon, la Norvège, le Danemark, la Suède, l'Espagne et la Belgique. On constate, par contre, une

Digitized by Google

diminution pour les chantiers de la Mersey et du Solway, la Tamise, la France, l'Italie, la Russie, l'Autriche-Hongrie et la Chine, et encore cette diminution est-elle de faible importance.

L'année 1906 se signale par la mise à l'eau des quatre plus grands navires de guerre que le monde ait encore vus : le *Dreadnought*, l'*Agamemnon* et le *Lord Nelson*, tous trois anglais, et le *Satsuma*, japonais, et des trois plus grands paquebots construits jusqu'ici : le *Lusitania* et le *Mauretania*, de la Compagnie Cunard, et l'*Adriatic*. Les deux paquebots Cunard et le *Dreadnought* ont des moteurs à turbines et les quatre autres navires des machines alternatives.

La production totale des chantiers du monde s'est élevée en 1906 à 2 792 navires, ayant un tonnage effectif de 3 353 807 tx et une puissance de 3 158 664 ch. Ces totaux représentent une augmentation de 399 navires, 409 877 tx et 689 159 ch sur l'exercice 1905.

Le tableau ci-dessous donne les productions comparatives des deux années pour l'ensemble des chantiers anglais, des colonies et de l'étranger :

| | 1906 | | 1905 | |
|---|---|---|---|---|
| | NAVIRES | TONNAGE | NAVIRES | TONNAGE |
| Écosse | 541 | 658 830 | 412 | 587 932 |
| Angleterre | 882 | 1 193 881 | 793 | 1 073 309 |
| Irlande | 28 | 149 860 | 31 | 144 727 |
| Royaume-Uni | 1 421 | 2 002 571 | 1 236 | 1 805 968 |
| Colonies anglaises | 109 | 28 782 | 64 | 10 610 |
| Étranger | 1 262 | 1 322 451 | 1 093 | 1 127 352 |
| | 2 792 | 3 853 807 | 2 393 | 2 943 930 |

Un autre tableau que nous donnons ici fait connaître les éléments de la production pour les six districts qui tiennent la tête ; il est digne de remarque que c'étaient les mêmes qui étaient les premiers en 1905, à cette différence près que les chantiers allemands ont passé de la cinquième place à la quatrième.

| | NAVIRES | TONNAGE | PUISSANCE |
|---|---|---|---|
| La Clyde | 372 | 598 841 | 606 600 |
| États-Unis | 507 | 464 671 | 260 761 |
| La Tyne | 159 | 411 560 | 375 705 |
| Allemagne | 261 | 360 980 | 326 998 |
| La Wear | 98 | 334 572 | 222 811 |
| La Tees et Hartlepool | 88 | 292 344 | 144 750 |

Digitized by Google

La production de l'American Shipbuilding Company, avec six chantiers en activité, se trouve indiquée ci-dessous pour l'exercice 1906, en comparaison avec quelques grands établissements de construction navale du Royaume-Uni.

| | NAVIRES | TONNAGE |
|---|---|---|
| American Shipbuilding Company. | 34 | 198 538 |
| Swan Hunter et Wigham Richardson . . . . | 25 | 117 943 |
| William Doxford et fils. . . . . | 25 | 99 765 |
| Harland et Wolff . . . . . . . . | 11 | 83 238 |
| William Gray and C° . . . . . | 24 | 74 935 |
| Workman, Clark and C° . . . . | 18 | 65 478 |

Si on étudie la production des autres pays que la Grande-Bretagne, on trouve les chiffres suivants pour les deux années 1905 et 1906 :

| | 1906 | | 1905 | |
|---|---|---|---|---|
| | NAVIRES | TONNAGE | NAVIRES | TONNAGE |
| États-Unis. . . . | 207 | 464 671 | 146 | 368 775 |
| Allemagne . . . | 301 | 360 980 | 310 | 312 400 |
| Hollande . . . . | 222 | 116 192 | 196 | 92 522 |
| Japon. . . . . . | 137 | 96 132 | 146 | 47 458 |
| France . . . . | 84 | 85 348 | 78 | 101 073 |
| Norvège. . . . . | 76 | 56 023 | 64 | 52 670 |
| Italie . . . . . . | 55 | 37 854 | 22 | 58 193 |
| Russie . . . . . | 11 | 25 868 | 23 | 25 985 |
| Danemark. . . . | 16 | 24 225 | 17 | 17 121 |
| Autriche-Hongrie. | 42 | 19 738 | 45 | 27 675 |
| Suède. . . . . . | 21 | 14 697 | 14 | 12 153 |
| Espagne. . . . . | 3 | 9 139 | 2 | 2 861 |
| Belgique . . . . | 18 | 6 991 | 10 | 2 034 |
| Chine. . . . . . | 9 | 4 506 | 20 | 6 429 |
| TOTAUX. . . | 1 262 | 1 322 454 | 1 093 | 1 127 352 |

Autant qu'on peut le prévoir, le tonnage construit dans les chantiers de la Grande-Bretagne en 1907 n'atteindra pas celui de 1906. Sur la Clyde, la décroissance de la production a été très marquée dans la seconde moitié de l'année dernière; il y a eu cependant depuis peu de temps une certaine amélioration et actuellement la situation est redevenue à peu près normale. Il faut dire aussi que, pour obtenir des com-

Digitized by Google

mandes, les constructeurs ont montré quelque tendance à baisser leurs prix.

Une question qui joue un grand rôle est le prix du fret. Beaucoup des commandes qui ont été exécutées au cours de l'année 1906 provenaient d'armateurs qui avaient vendu leurs précédents navires à des prix élevés et qui attendaient que la baisse du fret eût atteint son maximum pour les remplacer.

L'achèvement de ces commandes a grossi le chiffre de la production de 1906, mais tous les navires livrés n'ont pas été de suite mis en service ; il en reste assez pour empêcher provisoirement le placement de nouveaux ordres. Néanmoins, la navigation se développe dans le monde entier, et notamment en Europe, dans une énorme proportion et il existe des capitaux considérables à placer dans les entreprises maritimes. Les renseignements ci-dessus sont donnés par l'*Iron Age.*

**Une puissante drague.** — Les chantiers W. Simons et C^ie^, à Renfrew en Écosse, viennent de mettre à l'eau une drague qui vient en tête des appareils de ce genre, au point de vue des dimensions et de la puissance. C'est une drague suceuse qui porte le nom de *Sandpiper*, indiquant suffisamment son mode de fonctionnement et est destinée à l'approfondissement de l'Hooghly, à Calcutta.

La coque a 71,68 m de longueur ; elle est construite d'après les prescriptions du Lloyd ; le pont est en tôle d'acier recouverte d'une couche de bois de teck, précaution nécessitée par le climat. Les machines comportent un double jeu, l'un pour la propulsion du bateau, l'autre pour le dragage. Chacun, placé dans une chambre distincte, se compose de deux machines à triple expansion et à condensation par surface comportant tous les perfectionnements les plus récents employés dans les machines marines, tels, par exemple, que changement de marche à vapeur et hydraulique, vireur à vapeur, pompes de circulation à moteur indépendant, pompes d'alimentation indépendantes, réchauffeurs d'eau d'alimentation avec filtres, réparateurs pour l'eau alimentaire, etc.

La vapeur est fournie par quatre chaudières marines cylindriques tubulaires, à retour de flamme fonctionnant à 12,75 kg, contenues dans deux chambres de chauffe avec une cheminée pour chaque paire. La puissance collective de ces machines est de 4 500 ch indiqués.

Chacune des machines du premier jeu actionne une hélice propulsive et chacune de celles du second jeu une pompe centrifuge aspirant un mélange d'eau et de sable ; les pompes sont accouplées directement aux arbres moteurs. Le mélange comporte 13 de sable pour 87 d'eau en poids et, comme les deux pompes doivent fournir 5 000 t de sable par jour, elles doivent débiter dans le même temps l'énorme v leur de 30 000 t de mélange de sable et d'eau. Cette proportion a é fixée par l'expérience qui indique que, dans les rivières à cours rapic l'eau contient un maximum de 13 0/0 de sable.

Les dragues suceuses sont généralement disposées pour décharger matière extraite : 1° dans des capacités formant partie de leur coqu 2° dans des bateaux porteurs et 3° sur le bord des cours d'eau. Mais

Digitized by Google

Calcutta on a décidé de décharger les matières dans le fleuve lui-même dont le courant est assez fort pour emporter le sable en suspension dans les parties profondes, avant qu'il ait le temps de se déposer.

Chaque pompe centrifuge porte un tuyau d'aspiration placé sur le bord de la coque et articulé de manière à pouvoir se déplacer suivant la profondeur à atteindre; il porte une grille à l'extrémité pour retenir les matières assez volumineuses pour pouvoir endommager les ailettes des pompes. Les tuyaux sont relevés par des treuils à vapeur placés sur le pont.

Les conduites de refoulement passent sous le pont et vont se réunir à l'arrière en un tuyau unique de 1,40 m de diamètre, lequel se relie à une conduite flottante de même diamètre et de 180 m de longueur portée sur douze pontons et articulée aux points nécessaires. On a apporté un soin tout particulier à l'installation des treuils de suspension des conduites d'aspiration et de direction pour la coque; ces treuils constituent en effet une des parties les plus importantes des appareils de dragage, car, de leur facilité de manœuvre et de leur groupement dépendent en grande partie le bon rendement et l'efficacité de ces appareils.

La drague comporte un atelier pour les réparations, avec tours, perceuse radiale, machines à raboter et à mortaiser, forge, etc., le tout actionné par des moteurs électriques. Il y a des installations confortables pour le personnel européen avec éclairage électrique, chambres de réfrigération pour la conservation des provisions, etc. Une embarcation à vapeur est adjointe à la drague pour le service général et, notamment, pour faciliter les manœuvres de pose ou d'enlèvement des amarrages.

**Stages pratiques imposés aux élèves Ingénieurs en Allemagne.** — Nous trouvons, dans le bulletin de l'*Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége*, une note très intéressante sur les stages pratiques imposés aux élèves Ingénieurs en Allemagne.

Depuis longtemps déjà, le Conseil d'administration de l'Association s'occupait de la situation créée aux jeunes Ingénieurs, par ce fait qu'il leur est très difficile de s'initier à la pratique, les mines et usines belges acceptant des stagiaires étant relativement rares.

Cherchant à se rendre exactement compte des dispositions prises en Allemagne pour assurer le côté pratique de l'enseignement des Ingénieurs, le Conseil s'est adressé à l'Association des métallurgistes allemands, laquelle a bien voulu lui communiquer des renseignements très complets sur cette question.

L'Association en a fait le résumé suivant qu'elle a inséré dans son Bulletin n° 7 de 1906.

Tout le monde sait qu'en Allemagne on a le plus grand souci de l'éducation pratique des Ingénieurs; aussi l'obtention du diplôme est-elle subordonnée à la condition d'avoir travaillé pratiquement, pendant un an, dans les usines ou les mines. Cet apprentissage doit se faire avant que l'étudiant ait décidé de se présenter à son premier examen, ce qu'il est libre de faire quand bon lui semble, étant donnée la liberté des études.

Pour les élèves de la section des mines seules, l'examen est dit :

Digitized by Google

*Staats Examen*. Aussi est-ce à l'État qu'il appartient de leur assurer la possibilité d'accomplir l'année de pratique indispensable. La loi allemande y pourvoit et fait une obligation aux entreprises minières d'accepter les « Praktikanten ».

Pour les étudiants qui se destinent à la métallurgie, à la construction des machines ou aux constructions navales, il n'existe aucune prescription légale à cette fin. Aussi, les grandes Associations techniques ontelles dû réunir leurs efforts pour assurer à cette catégorie d'étudiants la possibilité de faire leur année de pratique et ont décidé dans quelles conditions elle se ferait. Ces dispositions sont résumées dans un document dont voici la teneur. Disons, d'abord, que ces décisions ont été prises et approuvées de commun accord par les Écoles techniques supérieures et par les représentants des plus puissantes Associations techniques, telles que l'Association des Ingénieurs allemands, l'Association des métallurgistes allemands, etc., etc.

Article premier. — Pour être admis comme élèves « ordinaires » dans les Écoles techniques supérieures, il faut :

1° Posséder le diplôme de sortie d'un « Oberrealschule » d'un « Realgymnasium », d'un « Gymnasium » ou de toute autre école du même degré ;

2° Avoir accompli une année de pratique.

Donc, notons bien que l'obtention du titre d'Ingénieur diplômé est liée à cette obligation d'avoir travaillé pratiquement pendant un an.

Art. 2. — En ce qui concerne l'éducation pratique, il a été décidé ce qui suit :

*a)* But de l'éducation pratique.

L'éducation pratique a pour but de rapprocher le futur ingénieur de l'ouvrier qu'il doit apprendre à connaître dans sa façon de penser et de travailler et de la production. Il va de soi que des ateliers en pleine activité et d'une réelle importance peuvent seuls répondre à ces résultats.

*b)* Construction des machines et électrotechnique.

Le « Praktikant » doit se familiariser avec les outils, la lime, le ciseau, l'enclume, la forge, etc., au point d'être à même de juger des difficultés du travail et de prendre une part active au montage des machines. Une importance particulière est attachée à la manipulation des outils, à la direction des machines-outils, à la connaissance et à la résistance des matériaux, à la pratique de la fonderie et de la menuiserie des modèles. Ce dernier apprentissage dure environ quatre mois ; la grande serrurerie, cinq à six mois ; la forge, un mois. On demande de ceux qui se destinent spécialement à la construction métallique de passer par la chaudronnerie, par l'atelier de construction de matériel de chemins de fer et les chantiers de rivetage.

Ceux qui se destinent à l'électrotechnique consacrent cinq à six semaines du temps réservé à la serrurerie pour travailler aux enroulements.

L'ordre des différentes occupations dépend de la direction de l'atelier qui le fixera et veillera à ce que le « Praktikant » observe rigoureusement le règlement de travail de l'atelier.

*c)* Métallurgie.

On exige des étudiants qu'ils passent six mois dans les ateliers de

Digitized by Google

modèles, de moulages, ateliers mécaniques et forges. Les hauts fourneaux et aciéries demandent également six mois.

*d)* Apprentissage pendant le temps des études.

Il est recommandé aux étudiants de consacrer leurs vacances à travailler pratiquement, chacun, selon leur propre initiative, soit à des installations de montage de machines soit encore, comme aides à bord de grands navires.

*e)* Salaires et assurances :

Le « Praktikant » peut toucher un salaire suivant ses capacités ; le montant en est fixé par la direction de l'usine. Il doit justifier d'une assurance suffisante contre les maladies et les accidents.

Art. 3. — Les jeunes gens qui ne satisfont pas à la condition de l'article 1er, concernant le diplôme de sortie, pourront être inscrits à l'École technique comme élèves « extraordinaires » à condition qu'ils soient « Einjähriger », c'est-à-dire qu'ils aient les connaissances suffisantes pour ne faire qu'un an de service militaire ; en outre, on exige d'eux trois années de pratique.

Art. 4. — A l'épreuve finale, pour l'obtention du titre d'Ingénieur diplômé, sont admis parmi les élèves extraordinaires ceux qui font montre d'aptitudes remarquables relevées par des examens semestriels

Art. 5. — Les étudiants étrangers qui visent à l'obtention du diplôme d'Ingénieur sont l'objet de mesures analogues à celles qui régissent les étudiants allemands.

En outre de ces dispositions, les métallurgistes se sont encore tout spécialement mis d'accord pour fixer les conditions dans lesquelles se fera l'année pratique dans la métallurgie. Ces dispositions sont résumées dans les articles suivants qui ont été fixés par l'Association des métallurgistes allemands.

Article premier. — La demande de suspension des études, en vue de faire l'année de pratique, doit être faite par écrit au recteur, en y joignant un document certifiant que l'aspirant possède le diplôme de sortie d'une Oberrealschule, d'un Realgymnasium, d'un Gymnasium ou d'une école de même degré.

Art. 2. — L'éducation pratique dure un an. Elle ne doit pas être interrompue pendant les six premiers mois. Elle s'étend aux branches suivantes : ateliers mécaniques, machines, chaudières, menuiserie des modèles et fonderie.

Art. 3. — Les six derniers mois sont employés dans les branches suivantes, et il est de règle que le « Praktikant » reste deux mois dans chacune :

1° Hauts fourneaux et fabrication de coke ;
2° Aciéries ;
3° Fonderies de fer et d'acier ;
4° Matériaux réfractaires.

Art. 4. — L'éducation dans ces différentes branches est conduite par un Ingénieur choisi par la direction. Les « Praktikanten » doivent faire un rapport quotidien, qu'ils ont à soumettre à l'Ingénieur.

Art. 5. — L'année terminée, l'étudiant reçoit un certificat pour le

Digitized by Google

travail mentionné par ses rapports pour qu'on puisse juger de la durée et du genre d'apprentissage qu'il a fait. Le certificat joint aux rapports est indipensable pour prendre plus tard l'inscription d'examen.

Ce qui précède fait voir que l'éducation des élèves Ingénieurs est en Allemagne l'objet de grandes sollicitudes, respectant toutefois et leur initiative et leurs aptitudes personnelles.

« La connaissance de l'ouvrier dans sa manière de penser et de travailler, la connaissance des produits », tel est le but de l'instruction pratique ; il affirme, de la part des dirigeants et des industriels, une préoccupation large et éclairée.

**Le système métrique en Angleterre.** — Nous avons déjà plusieurs fois traité cette question dans nos chroniques. Nous croyons devoir y revenir aujourd'hui, bien que la situation ne se soit point sensiblement modifiée. Certains journaux quotidiens, superficiellement renseignés, à la faveur de l' « entente cordiale » et sous l'influence d'une interprétation excessive de l'adoption partielle des mesures métriques par une grande maison industrielle anglaise, MM. Kynoch et C[ie], semblent croire que la conversion de nos voisins au système métrique n'est plus qu'une affaire de jours. Il faut en rabattre. Les Anglais sont tenaces dans leurs idées et il est facile de voir que les adversaires du système métrique n'ont pas plus désarmé que les opposants au tunnel sous la Manche. Nous trouvons un exemple tout récent du premier cas dans une communication faite le 5 décembre dernier à la *Society of Arts*, par le Colonel Sir C. M. Watson et intitulée : *Quelques objections à l'introduction obligatoire du système métrique*. Il est bon de rappeler ici, à propos de ce titre, que l'opposition n'est faite actuellement en Angleterre qu'à l'emploi obligatoire du système métrique, que chacun est déjà libre d'employer à son gré.

L'auteur de la communication n'est pas partisan du système métrique, il a réuni toutes les objections qu'il croit possible de lui faire. Ces objections ne sont pas nouvelles, ce sont celles qu'on retrouve dans toutes les discussions sur ce sujet, mais elles sont présentées avec beaucoup d'habileté. Nous citerons une partie historique intéressante dans laquelle le Colonel Watson indique, non sans quelque apparence de raison, que le nouveau système s'est imposé à ses débuts moins peut-être pour des considérations scientifiques que par le désir des promoteurs de faire disparaitre en tout les traces de l'ancien régime et de révolutionner les poids et mesures, tout comme le calendrier et tant d'autres choses. Il en donne comme preuve, entre autres, qu'on n'attendit pas les résultats de la mesure de l'arc de méridien de Dunkerque à Barcelone, mesure ordonnée par l'Assemblée nationale le 30 mars 1791 et que la longueur du mètre fût provisoirement fixée à 3,0794 pieds de Paris par un décret de la Convention du 1[er] août 1793. Ce ne fut qu'en avril 1799 que les opérations géodésiques furent terminées et qu'on constata que la longueur du mètre correspondait à 3,0785 pieds de Paris.

L'auteur ne voit aucune raison de supériorité en faveur des mesures métriques : elles n'ont pas le monopole de la décimalisation, qui peut être appliquée aux mesures anglaises. Les premières s'appliquent mal à

Digitized by Google

l'industrie textile, ainsi qu'il a été indiqué avec les plus grands développements dans le travail de M. Halsey : *The Metric Fallacy*, paru en 1906 aux États-Unis. Elles ne conviennent pas davantage pour la mesure des terres, à tel point que le Comité de la Chambre des Lords a dû insérer dans le Bill en examen une clause disant que le système métrique ne serait pas applicable dans le mesurage linéaire ou superficiel des terres.

Un argument favori des opposants au système métrique est que ceux qui s'en servent sont beaucoup moins nombreux que ceux qui emploient les mesures anglaises. Si c'était vrai, cela ne prouverait absolument rien, mais il est facile de voir que les chiffres comparatifs : 489 millions pour les secondes et 327 millions pour les premières, ne sont obtenus qu'à l'aide d'hypothèses très contestables.

Nous n'insisterons pas sur d'autres objections moins importantes. En somme, l'auteur ne voit pas qu'il se produise en Angleterre un mouvement en faveur du système métrique; il peut y être employé librement et il ne semble pas que, malgré les avantages promis par ses partisans, son emploi fasse aucun progrès. Dans ce cas, pourquoi le rendre obligatoire? S'il est permis à tout le monde de s'en servir, pourquoi ne pas laisser la même liberté aux partisans des anciennes mesures? Pour terminer, le Colonel Watson se déclare d'accord avec Napoléon, qui aurait dit (?), à propos du changement de poids et mesures : « C'est ennuyer les gens pour bien peu de chose ».

Nous sommes heureux de constater que les idées de l'auteur de la conférence ne paraissent pas être partagées par l'éminent savant Lord Kelvin, qui a envoyé au Président la lettre suivante, dont lecture a été donnée à la séance, à la suite de la communication du Colonel Watson : « Je regrette de n'avoir pu assister à la séance de mercredi pour entendre la communication de Sir Charles Watson, dont j'ai pris connaissance par une épreuve avec le plus vif intérêt, bien que je ne considère comme probante aucune des objections faites par lui à l'introduction obligatoire des mesures métriques dans le Royaume-Uni, l'Inde et les colonies anglaises. Je crois que l'historique de l'introduction du système métrique en France sera lue avec un grand intérêt. Je suis d'accord avec l'auteur sur un point important, c'est que la division centésimale du quart de cercle était une idée malheureuse qui, fort heureusement, n'a jamais été mise en pratique. Avec cette division, la valeur de l'angle d'un triangle équilatéral devenait 66 degrés et 66 centièmes, au lieu de 60 degrés ; or, avec la division sexagésimale, la minute terrestre est le mille anglais et sa millième partie la brasse ou *fathom*, on aurait pu établir sur ces bases très facilement un système métrique universel. Aujourd'hui, on ne peut songer à abandonner le mille, si commode pour la navigation et les usages géographiques. »

Sir Charles Watson a rappelé qu'en 1670 un ecclésiastique lyonnais, du nom de Gabriel Mouton, avait proposé de prendre pour type de mesure de longueur une fraction d'un grand cercle de la terre. Cette idée était très logique et infiniment supérieure à celle émise cent-cinquante ans plus tôt en Angleterre et consistant à prendre comme étalon de mesure une fraction du diamètre du globe. On ne voyage pas suivant un diamètre de la terre pour aller aux antipodes, on suit la surface.

Digitized by Google

Le fait allégué par Sir Charles Watson, après tant d'autres, que le mètre n'est pas rigoureusement la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre n'a aucune importance. Le vrai mètre est la longueur de l'étalon construit à Paris en 1799 et adopté par la Commission Internationale en 1870. On en possède plusieurs reproductions en platine vérifiées avec le plus grand soin et dont l'Angleterre a deux exemplaires.

Si par impossible tous ces mètres étalons venaient à disparaître à la fois, on retrouverait la valeur rigoureuse du mètre dans les longueurs d'ondes des éléments de la lumière du sodium, suivant l'idée émise par Clark Maxwell, il y a trente ans, idée développée et rendue pratique il y a une quinzaine d'années par Michelson.

Le président Sir David Gill, a également fait voir l'éxagération de certaines assertions de l'auteur de la communication; il a notamment signalé combien il était abusif d'évaluer l'importance des populations se servant des mesures anglaises en comptant, par exemple, des centaines de millions d'Indous qui ne connaissent pas plus le yard que le mètre. Si l'auteur n'avait compté que la population blanche de l'Empire Britannique, la seule capable d'apprécier les éléments de la question, les résultats de la comparaison auraient été bien différents.

Nous regrettons d'avoir à constater que, dans la discussion qui a suivi, la plupart des membres qui y ont pris part ont parlé contre le système métrique en reproduisant les arguments bien connus, basés, le plus souvent, sur une appréciation toute superficielle de ce système. Une des objections favorites est toujours qu'en France on se sert encore couramment de vieilles mesures; ainsi un membre a signalé comme un argument sérieux que tout récemment, dans un bureau de poste français, on lui avait réclamé *quinze sous* pour le port d'un envoi. Cet abus est si bien reconnu, a-t-il dit, qu'il y a peu de temps le Ministre du Commerce a dû faire une circulaire pour rappeler que les mesures et dénominations métriques étaient seules permises en France. Dès lors, comment peut-on imposer, en Angleterre, l'usage exclusif d'un système auquel le peuple a encore de la peine à s'habituer en France au bout de cent douze ans?

Quelque exagérée que soit la base de cette objection, il n'y a pas moins là un fait regrettable; nous avons signalé, dans la chronique de mai 1898, page 940, que, dans des contrées qui ont adopté bien plus récemment le système métrique, on ne voit jamais compter, comme cela se fait trop souvent chez nous, par sous et par livres ou fractions. Il serait utile, disions-nous, de réagir contre cet abus et d'ôter aux adversaires des mesures métriques, même l'apparence d'un prétexte qu'ils ne manquent jamais de saisir pour dénigrer ce système.

**Épuration des eaux d'égout par le système Vial.** — La ville d'Ostende va prochainement construire un double réseau d'égouts : l'un recueillera les eaux pluviales et les rejettera telles quelles dans l'avant-port; l'autre est destiné à drainer toutes les eaux usées, qui subiront une épuration complète avant d'être évacuées dans un petit cours d'eau, le Camerlynck, dont le débouché se trouve également dans l'avant-port.

Digitized by Google

Il paraît que cette épuration se fera par le système Vial ; il est donc opportun de donner ici quelques renseignements sur ce mode de traitement du sewage des agglomérations.

La méthode Vial doit être classée parmi les procédés physico-chimiques pour l'épuration des eaux usées ; le réactif dont il est fait usage est le lait de chaux, connu depuis longtemps pour ses propriétés coagulantes et clarifiantes. Là n'est pas l'originalité du système ; elle réside tout entière dans la méthode employée pour provoquer la précipitation rapide et complète des matières coagulées et, par suite, la clarification des eaux traitées.

Il semblerait, à première vue, que le meilleur moyen de séparer les matières précipitées du liquide qui les contient consisterait à laisser celui-ci en repos dans un bassin, durant un laps de temps suffisant, puis de décanter. Il n'en est rien, dit-on ; en procédant de la sorte, la séparation ne s'opère pas complètement et les eaux affluentes entraînent avec elles une forte proportion du précipité produit par l'addition du lait de chaux.

Les expériences de Vial l'ont conduit à penser que le dépôt de ce précipité s'opère bien mieux lorsque le liquide est animé d'un mouvement assez particulier qu'il a dénommé la *circulation superficielle.* Selon l'inventeur, si on fait passer une eau troublée, en mouvement continu et sous forme d'une lame mince d'épaisseur constante, à la surface d'une masse liquide immobilisée, cette eau se dépouille rapidement et complètement de la totalité des particules solides qu'elle charrie.

C'est cette double condition : circulation superficielle et continue de l'eau à épurer, immobilisation de la masse liquide sur laquelle cette circulation a lieu, que Vial a cherché à réaliser dans les bassins qui portent son nom.

Ces bassins sont divisés en deux compartiments, complètement immergés en ordre de marche.

Le premier, dit *poche à boue*, a à peu près la forme d'un tronc de pyramide à base rectangulaire renversé ; il est coupé transversalement par deux murs chicanes ; l'eau franchit le premier par syphonnement et le second par le dessus ; elle passe ainsi successivement, venant de A, par trois sous-compartiments B, C et D ; dans son trajet, elle se débarrasse d'une partie du précipité floconneux qu'elle contient et qui, en raison de l'inclinaison des parois, vient s'accumuler au fond de la partie centrale C.

Le second compartiment, dit *bassin de clarification*, est caractérisé par la forme de son radier ; celui-ci, en profil longitudinal, est incliné en sens contraire du mouvement de l'eau ; en profil transversal, il est construit en double pente vers la ligne médiane suivant laquelle est établi un chenal. Le bassin est coupé de chicanes verticales ; une ouverture ménagée à la partie inférieure de celle-ci assure la continuité du chenal longitudinal.

Le fonctionnement du système est facile à saisir ; les chicanes maintiennent immobile toute la masse liquide contenue dans le bassin jusqu'au niveau de leur arête supérieure ; l'eau à épurer circule d'une manière continue à la surface de cette masse sous forme d'une lame de quelques centimètres d'épaisseur, en abandonnant dans son trajet les



Digitized by Google

particules solides qu'elle transporte; elle arrive enfin, clarifiée, a l'extrémité du bassin. Quant au sédiment boueux qui se forme ainsi, il est ramené dans le chenal médian et vers l'extrémité amont du bassin par suite de la double inclinaison donnée au radier; on l'extrait du compartiment de clarification, comme aussi de la poche à boue, au moyen de tuyaux d'aspiration reliés à une pompe centrifuge; cette opération se fait sans interrompre la circulation de l'eau.

La longueur totale du bassin, poche à boue comprise, est de 32 m; sa largeur est de 2 m dans l'installation expérimentale crée à Haeren et dans la petite usine d'épuration de la station balnéaire de Westende; elle sera plus considérable dans les bassins d'Ostende.

D'après l'inventeur, le rendement journalier peut être fixé à 360 $m^3$ par mètre de largueur et 11 $m^3$ environ par mètre carré de superficie des bassins. Ce dernier chiffre correspond au décuple du rendement des lits bactériens par percolation. La quantité de chaux nécessaire pour assurer l'efficacité du traitement est très faible; elle varie avec la composition de l'eau à traiter; à Haeren, on marche avec une centaine de grammes de chaux par mètre cube d'eau à épurer.

Feu Vial s'est naturellement préoccupé de l'utilisation des boues obtenues par l'emploi de son procédé; c'est là, on sait, la pierre d'échoppement de tous les systèmes comportant l'épuration des eaux usées par voie de précipitation chimiques. A Ostende, les boues liquides seront d'abord envoyées dans des réservoirs où elles se décomposeront en deux parties: l'une, purement aqueuse, sera renvoyée aux bassins; l'autre, sorte de magma sédimenteux, sera déversée dans des appareils hermétiquement clos, appelés *concentreurs*, où elle s'accumulera et se deshydratera en partie par auto pression et auto filtration; ainsi privé d'une forte proportion de son eau, le magma sera dirigé par des canalisations vers des *vaporisateurs* également fermés où il sera soumis à une dessiccation à chaud par l'action de la chaleur contenue dans les vapeurs de détente de la machinerie; enfin il se déversera dans des tambours rotatifs que traverseront les gaz du foyer des chaudières aspirés par un ventilateur et d'où il sortira entièrement désséché sous l'aspect d'une matière terreuse, grisâtre, pulvérulente ou granulée et désodorisée que l'on compte pouvoir vendre comme engrais.

D'après le projet présenté à la ville d'Ostende, l'usine à créer pourrait épurer journellement, en marche continue, 10 000 $m^3$ d'eaux d'égout; les bassins, au nombre de trois, présenteraient une largeur totale de 50 m; un bassin-récepteur de 1 200 $m^3$ de capacité, dans lequel déboucherait l'émissaire général des égouts recueillant le sewage, servirait à régulariser le débit et à compenser les variations horaires de celui-ci.

Le coût total de l'installation, qui occuperait un demi-hectare, serait de 525 000 francs.

Il convient d'ajouter que l'installation ainsi projetée, beaucoup trop puissante pour les besoins immédiats, sera vraisemblablement réduite et ramenée à la moitié environ de ses proportions, sauf à lui donner ultérieurement tout le développement nécessaire, au fur et à mesure de la progression du bassin. Nous avons trouvé les renseignements qui précèdent dans les *Annales des Travaux Publics de Belgique.*

Digitized by Google

# COMPTES RENDUS

## SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1907.

Rapport de M. A. MOREAU sur l'**appareil pour le séchage rationnel des constructions neuves**, présenté par M. HALD.

On se sert en général de braseros rayonnants pour sécher les maçonneries des constructions neuves; leur action est très inégale et l'opération est longue et coûteuse.

M. Hald a proposé un appareil constitué par un générateur spécial d'air chaud formé d'un foyer qui chauffe de l'air pris au dehors et sortant à la partie supérieure pour se répandre dans la pièce à sécher. Un appareil suffit pour sécher en quarante-huit heures une surface de 30 $m^2$, ce qui représente un rendement au moins triple de celui des braseros. On se procure ces appareils en location à un prix très modéré, 1,50 f l'heure, et beaucoup moins pour plusieurs appareils, ce qui entraîne une économie considérable sur les braseros, sans compter le temps que l'on gagne et qui permet de mettre l'immeuble en usage plus tôt.

**Conservation par le froid des denrées alimentaires**, par M. de LOVERDO.

L'auteur, après rendu justice à l'initiateur de l'industrie de la conservation par les procédés frigorifiques, notre collègue, M. Ch. Tellier, expose l'action de l'air froid dans cette application; on peut dire que, dans la plupart des cas, l'art de la conservation par le froid consiste principalement dans l'obtention de la sécheresse relative de l'air, c'est ce qui explique que la conservation dans les glacières, où l'air est le plus souvent saturé d'humidité, peut être considérée comme malsaine. Le froid agit donc en abaissant la température, en donnant à l'air une sécheresse relative et en le rendant aseptique.

M. de Loverdo étudie la conservation de la viande de boucherie au triple point de vue : hygiénique, commercial et économique, et explique, à ce dernier point de vue, comment le froid, qu'on a pu considérer à un moment comme un outil redoutable contre la production nationale, doit être regardé, au contraire, comme pouvant lui rendre de grands services en nous permettant de devenir des exportateurs de viande.

L'auteur parle ensuite de la conservation du beurre, des œufs, des transports frigorifiques et des progrès réalisés dans les appareils employés pour réaliser ces transports.

Digitized by Google

**Notes de chimie**, par M. Jules Garçon.

Nous citerons parmi ces notes les sujets suivants :

Les nouvelles lampes à incandescence. — Le développement des industries chimiques en Italie. — L'alundum (produit artificiel très dur employé pour le meulage). — Les nouveaux emplois du calcium et du sodium. — L'emploi industriel de l'oxygène. — L'état actuel de l'électro-sidérurgie. — Le four Girod. — La récupération électrolytique de l'étain. — La désodorisation des pétroles. — L'industrie du caoutchouc en Allemagne. — La saccharification diastasique de l'amidon. — La liquéfaction des empois. — La recherche du riz dans les farines, etc.

**Notes de mécanique.**

Nous citerons parmi ces notes : la description du pantographe Newmann ; des études sur les tours à bandages de Nibes et de Tangye, sur le tour à fileter de Fries, et une note sur les essais des soupapes de pompes.

---

## ANNALES DES MINES

---

*9e livraison de 1906.*

**Les chemins de fer américains.** Matériel et traction, par M. Marcel Japiot, Ingénieur des Mines.

Cette note, très intéressante et très développée, est le résultat d'études sur le matériel et la traction faites sur place aux États-Unis. Nous devons nous borner à indiquer la nature des questions traitées dans chacun des chapitres de la partie parue dans cette livraison, quitte à y revenir lorsque la fin aura été publiée.

La première partie est consacrée aux locomotives ; l'auteur étudie successivement : la construction des divers éléments, chaudière, mécanisme, véhicule, puis les différents types adoptés, ensuite la standardization, série de mesures adoptées pour réduire le nombre des modèles de pièces et, par conséquent, diminuer les dépenses de construction et d'entretien, puis les locomotives compound, qui semblent reprendre faveur aux États-Unis, après une assez longue période d'indifférence, les locomotives à vapeur surchauffée, les locomotives chauffées au pétrole et les voitures automobiles.

Une note annexe donne les résultats obtenus en service avec la machine Mallet du Baltimore and Ohio R. R. On trouvera les éléments essentiels de cette note dans la Chronique de Juillet 1905, page 169.

*10e livraison de 1906.*

Note sur l'**École des Mines de Madrid et l'École d'Ingénieurs industriels de Bilbao**, par MM. Nicou et Schlumberger, Ingénieurs des Mines.

On trouvera dans cette étude d'intéressants détails sur ces deux

Digitized by Google

écoles, au point de vue des conditions d'entrée, de l'organisation générale des études et du personnel enseignant.

**Bulletin des travaux de chimie** effectués en 1904 par les Ingénieurs des Mines dans les laboratoires départementaux.

Contribution à l'**étude des ventilateurs centrifuges**. Résultats d'expériences et déductions tirées de ces résultats, par M. H. Bochet, Inspecteur général des Mines en retraite, avec la collaboration de M. L. Bochet, Ingénieur en chef des Mines.

Cette note a pour objet, comme le titre l'indique, de donner les résultats obtenus dans des expériences faites sur un ventilateur anglais du système Capell; ces expériences sont décrites en détail, avec les résultats obtenus. Les auteurs n'ont pas cru pouvoir généraliser leurs conclusions et les appliquer à d'autres types de ventilateurs; ils signalent seulement l'intérêt que pourrait présenter la continuation d'expériences analogues.

*11e livraison de 1906.*

**Les calcaires asphaltiques du Gard**, par M. P. Nicou, Ingénieur des Mines.

On connait l'importance de l'asphalte et de ses emplois, aussi la question des gisements de ce produit présente-t-elle un intérêt sérieux.

Les concessions du Gard remontent à 1844, mais l'exploitation est récente; les plus importantes sont celles de Servas et de Saint-Jean-de-Maruéjols. Cette dernière a produit en moyenne 6 000 à 7 000 t par an pendant les quatre dernières années. Les recherches entreprises peuvent faire espérer un développement notable de la production.

Concours ouvert à Saint-Pétersbourg pour des **appareils d'attelage automatique des wagons de chemins de fer.**

Le Ministre des voies de communication a approuvé les conclusions de la Commission spéciale chargée de l'examen des projets présentés, conclusions d'après lesquelles, aucun des projets ne satisfaisant à toutes les conditions du programme, il n'est décerné ni premier ni second prix; de tous les projets, celui de M. Boireau était le plus conforme aux conditions exigées : il lui est décerné le troisième prix, de la valeur de 1 000 roubles.

Note sur le **grisoumètre simplifié de M. N. Grehaut**.

Ce nouvel appareil est, comme l'ancien, basé sur le principe de l'appareil Coquillion (combustion du grisou sous l'action d'une spirale de platine incandescente), mais il est simplifié et d'un maniement beaucoup plus commode.

Digitized by Google

## SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

### Janvier 1907.

### District du Nord.

*Reunion du 25 novembre 1906.*

Communication de M. L. Breton sur la seconde vue du **bassin houiller du Pas-de-Calais, du Nord et de la Belgique.**

Communication de M. Leprince-Ringuet sur **les mesures géothermiques entreprises dans le bassin du Pas-de-Calais** pour la période 1903-1906.

Ces recherches sont relatives à l'accroissement de la température avec la profondeur. La note donne, sous forme de tableaux, les résultats obtenus.

Les expériences ont révélé ce fait très important pour l'avenir du sud du bassin du Pas-de-Calais, que la conductibilité des terrains d'âge antérieur au houiller est exceptionnellement grande, 56 au lieu de 31, chiffre généralement admis. Il en résulte qu'on observe à 1 200 m de profondeur des températures de 35 à 40 degrés, alors que, dans les sondages de Lorraine, par exemple, où des expériences sont actuellement en cours, on trouve, dans les mêmes conditions, des températures de 50 à 55 degrés.

Communication de M. Jacquelin sur un **système amortisseur rationnel pour tables à secousses.**

Ce système est constitué par des ressorts en spirale cylindrique, calculés de façon à annuler, pendant toute la durée de l'oscillation, l'effort résistant de l'appareil. Il permet de construire des tables oscillantes à grande vitesse et. par suite, à grand débit, fonctionnant sans aucun choc et demandant un entretien insignifiant.

Communication de M. Malplat sur **l'emploi d'un marteau à air comprimé** pour l'abatage de la houille et de couloirs glissants pour le boutage dans les tailles.

L'emploi de ce marteau, du système Ingersoll-Sergeant, a. d'après des expériences faites aux mines de Lens, doublé le rendement à l'abatage et réduit le coût de cette opération dans le rapport de 1,60 à 1,10f. Cette méthode se plie parfaitement aux exigences du gisement et peut être employée là où les procédés par havage actuellement en usage seraient impossibles ou ne donneraient pas de résultats.

Digitized by Google

District de Paris.

*Réunion du 6 décembre 1906.*

Communication de M. Frochot sur **les pétroles dans l'Amérique du Sud.**

L'auteur, tout en constatant que le pétrole existe dans plus eurs points du continent sud-américain, s'occupe surtout des pétrcles du Pérou, parce qu'il n'y a guère que dans ce pays qu'on a fait des tentatives sérieuses d'exploitation sur lesquelles il donne d'intéressants détails. Il s'étend également sur la question de la formation des pétroles et consacre une partie de sa note à l'historique des recherches et de l'exploitation de ces produits.

---

## SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 5. — *2 février 1907.*

Les chemins de fer électriques à l'Exposition de Milan en 1906, par A. Zweiling.

Les machines-outils à l'Exposition bavaroise de Nuremberg en 1906, par E. Schlesinger *(suite)*.

Expériences comparatives de résistance sur des pièces en mortier de ciment, par M. Grübler.

Grue flottante de 40 t, par A. Beran.

*Groupe de Hambourg.* — Les conduites de vapeur. — Pratique de la construction des chaudières.

*Bibliographie.* — Les houillères de l'État prussien dans la région de Saarbruck. — La loi sur les patentes d'invention du 7 avril 1891, par P. Kent. — Analyses en chimie industrielle, par R. Neumann.

*Revue.* — L'hygiène industrielle et la prévention des accidents. — Extension des installations maritimes de Hambourg. — Embrayage, système Riddel. — Traction électrique sur les chemins de fer prussiens. — Navires à turbines pour la marine des États-Unis.

N° 6. — *9 février 1907.*

Le chemin de fer d'Otavi (Afrique allemande méridionale), par M. Wechsler.

Résistance des pièces courbes, par C. Pfleiderer.

La traction électrique dans le tunnel du Simplon, par H. Rapp.

Installations mécaniques dans les usines métallurgiques, par Fr. Frölich *(suite)*.

Questions dynamiques relatives à l'arrivée de la vapeur dans les machines à pistons, par O. Schneider.

Sur la même question, par W. Schüle.

Digitized by Google

*Revue.* — Cinquantenaire de la fondation de la Société Vulcan, à Stettin. — Construction du canal de Panama. — Wagon à marchandises de 50 t. — Poutrelles laminées de l'usine de Betlehem.

N° 7. — *16 février 1907.*

Notice nécrologique sur Karl Maly.

Grandes usines pour location de force motrice, par E. Josse.

Les chemins de fer électriques à l'Exposition de Milan en 1906, par A. Zweiling *(suite).*

Représentation graphique du travail dans les machines frigorifiques à compression, par G. Döderlein.

Expériences sur les traverses en acier aux États-Unis d'Amérique, par K. A. Mullenhoff.

Calcul graphique du rayonnement dans les recherches calorifiques au moyen de la bombe, par A. Gramberg.

Proportion d'eau dans le béton, par C. Bach.

*Groupe de Breslau.* — Droits de propriété sur les machines.

*Groupe de la Thuringe moyenne.* — Origine des orages, de la foudre, etc. — Pyromètre-sentinelle de Brearley.

*Bibliographie.* — Les pompes, par K. Hartmann et J. O. Knoke.

*Revue.* — La lampe Helion. — Frein à vapeur à pression modérable pour machines d'extraction. — Les écoles techniques supérieures de l'empire allemand dans le semestre d'hiver 1906-1907.

N° 8. — *23 février 1907.*

Le chemin de fer d'Otavi, par M. Wechsler *(fin).*

Grandes usines pour location de force motrice, par E. Josse *(suite).*

Installation de chargement de charbon dans la gare de Cologne (Eifelthor).

Les vibrations des navires, par W. Thele.

*Groupe de Berg.* — Fours pour l'incinération des immondices.

*Groupe de Mannheim.* — Explosion d'un volant dans la fabrique de produits chimiques de Lindenhof.

*Groupe de Thuringe.* — La métallographie et aperçu sur la pratique de cette science.

*Groupe de Westphalie.* — Installations frigorifiques municipales de Dortmund.

*Revue.* — Grues à manœuvre électrique du port de Brême. — Cinquantenaire de la fabrique de machines Humboldt, à Kalk, près Cologne. — Production de force motrice par les chutes du Niagara.

*Pour la Chronique et les Comptes rendus :*

A. Mallet.

---

Digitized by Google

# BIBLIOGRAPHIE

## Ire SECTION

**Le canal de Suez**, par M. Voisin-Bey, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, ancien Directeur des travaux de construction du canal (1).

L'histoire du canal de Suez, l'œuvre gigantesque du génie civil français, magistralement présentée par l'ancien Directeur des travaux, M. Voisin-Bey, ne pouvait manquer de recevoir le meilleur accueil à la bibliothèque des Ingénieurs Civils de France.

Trois volumes comprennent la première partie *Historique administratif et actes constitutifs de la Compagnie :*

Tome I. — *Période des études et de la construction.*

Le 15 novembre 1854, sur l'invitation du vice-roi Mohammed Saïd, M. de Lesseps rédige un mémoire destiné à prouver la possibilité d'exécution et à justifier l'utilité du canal de jonction des deux mers. Cette utilité, Sesostris, Alexandre, César, Amrou, Napoléon Ier et Mehemet-Ali l'avaient dès longtemps reconnue et, depuis l'expédition d'Égypte, Lepère, Talabot, Stephenson, Zinant-Bey, Gallice-Bey et Mougel-Bey avaient étudié la percée de l'isthme.

M. de Lesseps met en évidence les avantages immenses que le canal maritime procurera à l'Europe entière et aussi à la côte orientale des États-Unis en abrégeant de moitié la route de l'Atlantique.

On trouve dans ce premier volume les actes des concessions, les commissions, les statuts et règlements, les enquêtes, la constitution du capital, l'organisation de la Compagnie et les traces de l'opposition persistante de la politique anglaise ; en un mot, les nombreux faits qui précédèrent l'ouverture des travaux, le 25 avril 1859, et aussi les nouvelles conventions, sentences, traités et autres actes qui suivirent pendant les dix années de construction, jusqu'à l'inauguration du 23 avril 1869, jour de gloire pour M. de Lesseps, triomphant au milieu des honneurs et des félicitations.

Tome II. — *Période de l'exploitation de 1870 à 1882.*

L'exploitation d'une entreprise sans précédent devait naturellement donner lieu à des difficultés de toute nature, qu'il s'agisse de questions financières, de l'établissement des taxes ou des règlements pour le jaugeage des navires. Aussi les décisions d'une Commission internationale furent-elles imposées à la Compagnie; puis, en 1876, à la suite de l'acquisition des actions du Khédive par le Gouvernement anglais, une convention intervint entre ce dernier, représenté par le Colonel Stokes,

(1) Sept volumes in-8°, 235 × 150, avec atlas 310 × 235 de 10 planches. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1902-1904-1906. Prix, broché : 90 francs.

Digitized by Google

et la Compagnie, représentée par M. de Lesseps, pour régler les difficultés relatives au jaugeage. Comme conséquence, un emprunt de 27 millions fut décidé pour l'exécution de travaux d'amélioration.

TOME III. — *Période de l'exploitation de 1883 à 1902.*

Parmi les principaux faits de cette période, en outre des accords avec le Gouvernement et les Armateurs anglais, on remarque l'étude, par une Commission internationale, des mesures à prendre pour desservir un trafic annuel de plus de 10 millions de tonnes; des emprunts successifs de 100 millions et de 25 millions; l'arrangement au sujet de la rigole d'alimentation d'eau douce d'Ismaïlia à Port-Saïd et de la distribution d'eau de cette dernière ville; la rétrocession de 4 000 ha de terrain à la Compagnie par le Gouvernement égyptien; la convention du 29 octobre 1888 garantissant le libre usage du canal, celle de 1891 sur le fonctionnement du tramway à vapeur de Port-Saïd à Ismaïlia et celle de 1902 relative au chemin de fer à voie normale d'Ismaïlia à Port-Saïd. Le 17 novembre 1899, jour anniversaire et premier trentenaire de l'inauguration de l'ouverture du canal à la navigation, fut inaugurée à Port-Saïd la statue de son créateur, Ferdinand de Lesseps.

La deuxième partie de l'ouvrage comprend *la description des travaux de premier établissement :*

TOME IV. — *Projets-dispositions adoptés en exécution.*

L'auteur décrit d'abord, d'après Linant-Bey, les derniers canaux de communication entre le Nil et la Mer Rouge et les canaux d'irrigation Sefi et Nili; puis, il examine l'avant-projet de 1855 de Linant-Bey et Mougel-Bey pour relier le golfe de Péluse au golfe de Suez, celui de 1856 de la Commission internationale et celui du Conseil supérieur des travaux de 1858-1860. Enfin, dans une revue, il note toutes les parties des projets primitifs arrêtés par le Conseil, il fait connaître en les motivant les modifications qui y ont été apportées en cours d'exécution et il étudie successivement le canal maritime et les ports extrêmes de Port-Saïd et de Suez, le canal d'eau douce et les ouvrages accessoires, éclairage, balisage, etc.

TOME V. — *Exécution des travaux.*

Le creusement du canal a présenté des vicissitudes diverses en raison de la nature et de l'importance des travaux, de l'insuffisance des Fellahs et de l'inexpérience où l'on était, au début de l'entreprise, de la puissance des engins mécaniques pour l'exécution des grands terrassements.

On commença le canal maritime et le port de Port-Saïd par voie de régie intéressée, dirigée par M. Hardon, de 1859 à 1863, époque à laquelle le traité fut résilié et les travaux continués provisoirement en régie directe, jusqu'à ce que, en octobre 1863, la Compagnie traitât avec M. Couvreux pour le creusement du seuil d'El Guisr sur 15 km, et avec MM. Dussaud frères pour la construction des jetées de Port-Saïd, puis, en 1864, avec M. Aiton, de Glasgow, pour le creusement du canal sur 60 km, depuis la Méditerranée jusqu'à l'extrémité sud des lacs Ballah. Restait les traversées du seuil de Sérapeum, des petits lacs Amers, du seuil de Chalouf et de

Digitized by Google

la plaine de Suez, qui furent confiées à l'entreprise Borel-Lavalley et Cie, le 31 mars 1864, ainsi que le lot Aiton résilié et, par suite de conventions nouvelles, une partie du lot Couvreux. De sorte que, finalement, MM. Borel-Lavalley et Cie se trouvèrent chargés du creusement du canal sur toute sa longueur, à l'exception de la grande tranchée à sec et de l'élargissement et approfondissement de la rigole maritime à la traversée du seuil d'El Guisr, constituant le lot Couvreux.

Les marchés de 1864 furent dans la suite modifiés par les actes additionnels de 1865, 1866 et 1867.

En avril 1865, l'entreprise Borel-Lavalley et Cie prit possession des chantiers. Dès lors, de puissants engins mécaniques furent mis en action et le travail était vigoureusement en train lorsque M. Lavalley vint exposer son programme à la Société des Ingénieurs Civils, dans ses séances des 7 et 21 septembre 1866 ; dans les séances du 26 juillet 1867 et 17 novembre 1868, il apporta des renseignements du plus haut intérêt sur la manière dont s'accomplissaient ses projets.

M. Voisin-Bey expose les conditions d'exécution des travaux, le programme, la nature du matériel employé, les modes d'exécution et la marche des travaux pour chacune des sections de l'entreprise Borel-Lavalley et Cie, qui prirent fin le 20 novembre 1869, un peu avant le complet achèvement des travaux.

Ces entrepreneurs ont enlevé 56 794 000 $m^3$ de déblais, représentant une valeur de 164 millions de francs, le plus grand travail qui eut jamais été confié à une seule entreprise.

Le matériel, d'une valeur de 46 millions, dont l'amortissement représente 25 0/0 du montant des travaux, comprenait dix-huit petites dragues et soixante grandes dragues. Un chapitre de ce volume contient les descriptions des principaux appareils et des renseignements sur leur rendement. L'ensemble des machines à vapeur présentait un total de plus de 10 000 H P.

Notons en passant, à titre d'exemple, qu'au moment du règlement définitif des comptes, un accord complet n'ayant pu se faire, les parties déférèrent la solution de leurs différends à un tribunal arbitral qui statua, en deux mois et demie, sur dix-sept chefs d'une importance totale de plus de 7 millions.

### Tome VI. — *Exécution des travaux (suite).*

Le tome VI-1 commence par l'historique des études et de la mise en train des travaux, des commandes des approvisionnements et du matériel ; il explique les entraves à la marche des travaux suscitées par la politique hostile à l'œuvre du canal.

Il donne ensuite le compte rendu des travaux exécutés et des résultats obtenus année par année avec la description des ateliers, des bâtiments et abris, des transports, des carrières et des travaux accessoires, en étudiant aussi en détail les questions relatives aux ouvriers : recrutement, campement, service de santé, alimentation d'eau, approvisionnement de toute sorte et tous autres services annexes.

Le tome VI-2, formant le septième volume, décrit les travaux des entreprises autres que celle de MM. Borel-Lavalley et Cie :

Digitized by Google

L'établissement hydraulique d'Ismaïlia et distribution d'eau douce d'Ismaïlia à Port-Saïd, dont les travaux, évalués au total à 5 millions, firent l'objet des trois marchés Lasseron.

Des jetées de Port-Saïd, l'une, celle de l'Ouest, fut construite en partie en enrochements naturels extraits de la carrière du Mex, située à 4 km à l'ouest d'Alexandrie; le prix de revient de ces travaux, exécutés en régie, fut très élevé, aussi dès que l'abri, qu'on avait hâte de créer à Port-Saïd, se trouva réalisé, la Compagnie résolut de passer un marché avec MM. Dussaud frères pour l'exécution des jetées en blocs artificiels, composés de sable de plage et de chaux.

Le cube total des enrochements employés a été de 82 500 m³ et le cube des blocs artificiels de 249 404 m³. Le décompte s'éleva à 10 676 000 f.

L'entreprise Aiton fut résiliée moins d'un an après la signature du marché, alors que 149 848 m³ de déblais étaient exécutés.

L'entreprise Couvreux, chargée des terrassements à sec et de la rigole maritime de navigation entre les points 66,720 km et 75,400, présente pour les constructeurs un intérêt tout particulier, parce qu'elle a donné lieu à d'importants perfectionnements de « l'excavateur Couvreux ». Cet entrepreneur avisé, convaincu que les grands terrassements projetés ne pourraient se faire à bras d'homme, imagina, dans les premiers mois de 1859, peu après la constitution de la Compagnie, un type d'excavateur qu'il soumit à Mougel-Bey, Directeur général des travaux à cette époque. Le 5 mai 1860, il prit un brevet et l'année suivante le premier excavateur fut construit et essayé à Lyon. Puis, le 24 juin 1864, six mois après le premier marché passé avec la Compagnie, des modifications et additions importantes donnèrent lieu au second brevet de l'excavateur perfectionné qui a été employé aux travaux du canal. Pendant cette période de nouvelles améliorations furent imaginées, comme plus tard dans les travaux de régularisation du Danube à Vienne et dans les travaux de la rectification du canal de Gand à Terneusen, et depuis lors l'emploi de l'excavateur Couvreux s'est généralisé dans les grands terrassements.

Sept excavateurs employés à la traversée du seuil d'El Guisr permirent d'achever les travaux le 3 janvier 1868: aussi les efforts de l'entrepreneur furent-ils reconnus par l'allocation d'une prime correspondant à six mois d'avance sur le délai du marché.

Le cube total des déblais s'éleva à 4 598 660 m³, et la somme totale payée à l'entrepreneur 12 566 370 f.

Le creusement du canal à la traversée de la partie nord du seuil d'El Guisr, exécuté par le chantier de régie d'El Ferdane, a comporté 987 955 m³ de déblai.

En résumé, à la date du 31 décembre 1869, le cube total des terrassements et dragages du canal maritime et des ports était 74 141 892 m³, le prix moyen de 2,95 f et la dépense correspondante 218 656 071 f; si on ajoute à ce chiffre les dépenses pour les jetées de Port-Saïd et de Suez, les enrochements des berges, les ouvrages accessoires et les frais généraux de la Direction générale des travaux, le montant total des dépenses de construction s'éleva à cette même époque à 287 192 528 f,

Digitized by Google

Enfin, en comprenant les dépenses de toute sorte et les charges sociales, le prix de revient du canal maritime et des ports et ouvrages accessoires, à la date du 31 décembre 1869, était de 381 088 161,91 f.

Dans des annexes, on trouve des renseignements détaillés sur le matériel employé à l'exécution des travaux et une note intéressante relative à l'éclairage de la côte méditerranéenne d'Égypte, d'Alexandrie à Port-Saïd, ainsi qu'à la construction des phares de Port-Saïd, de Rosette, de Burlos et Damiette et d'Alexandrie.

L'atlas contient neuf planches correspondant à l' « Historique administratif et actes constitutifs de la Compagnie » et trente-et-une planches relative à la « Description des travaux de premier établissement », avec les plans d'installation des chantiers et les dessins de plusieurs dragues, excavateurs, chalands et autres engins.

L'œuvre monumentale de M. Voisin-Bey intéressera les économistes, les géographes et les historiens ; les hommes politiques et les financiers pourront y puiser de précieux renseignements ; elle offre aux Ingénieurs un vaste champ d'études et les constructeurs seront heureux de retrouver dans les procédés d'exécution de ces importants travaux l'origine des puissants engins mécaniques qui, depuis, ont permis d'exécuter tant d'autres grandes œuvres dans le monde entier et dont l'invention fait le plus grand honneur au Génie civil français, représenté dans l'isthme par les Ingénieurs de la Compagnie et les entrepreneurs.

Aussi la Société des Ingénieurs Civils de France sera-t-elle reconnaissante à l'éminent Inspecteur général, M. Voisin-Bey, d'avoir consacré les années de sa verte vieillesse à l'histoire d'une grande œuvre, dirigée avec la remarquable compétence qui lui valut une renommée universelle.

J. Groselier.

---

## V^e SECTION

**Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur,** par J. Izart, Ingénieur civil des mines (1).

Dans cette étude très documentée, l'auteur passe en revue les chapitres suivants :

1° Étude économique de la combustion ;
2° Pertes et rendement dans la combustion ;
3° Choix d'un combustible économique ;
4° Economie dans les méthodes de chauffe ;
5° Appareils pour le contrôle de la chauffe.

Son but est de mettre l'industriel à même d'obtenir, d'un combustible donné, le maximum de rendement et, par suite, d'abaisser, dans toute la mesure possible, le prix de revient de la force motrice.

Dans l'introduction, M. J. Izart nous rappelle que la chaleur n'est qu'une forme dégradée de l'énergie et que, depuis le morceau de

(1) In-8°, 255 × 165 de XV-213 p. avec fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat. Prix broché, 7,50 f.

Digitized by Google

houille brûlé sur la grille jusqu'au tuyau de vapeur véhiculant le fluide moteur, les sources de perte sont innombrables.

Montrer le mal et indiquer le remède, tel est le programme qui l'a guidé; se gardant de toute prétention au rigorisme scientifique, il s'est efforcé, au contraire, de rester dans le domaine de la pratique, de façon que chacun puisse tirer de son livre les renseignements qui pourraient lui être utiles.

H. A.

---

**Le cocotier,** ouvrage honoré d'une souscription du Ministère des Colonies, par Paul Hubert (1).

Cet ouvrage est le premier d'une publication Encyclopédique entreprise par un colonial fervent qui, apôtre convaincu de la *conquête pacifique* de nos colonies, montre la vraie voie à suivre pour la réaliser en mettant en relief les immenses richesses et les ressources variées et inépuisables dont la nature a doté nos colonies intertropicales.

L'auteur, fortement documenté, comme entrée de jeu, indique donc d'abord le cocotier comme une source de fortune facile et sûre pour celui qui s'adonnera à sa culture méthodique.

Trois choses sont à retenir du livre de M. P. Hubert :

1° Les industries mondiales de la corderie, de la bimbeloterie et de l'alimentation sont très insuffisamment approvisionnées par les 100000 t de noix de coco que peut seulement fournir la culture primitive actuelle de toute la zone intertropicale ;

2° Une plantation de 50000 cocotiers qui coûtera, au grand maximum, 100000 f de premier établissement, au bout des sept ans que demandent sa préparation et sa mise en valeur, rapportera, à son propriétaire, 50000 f par an pendant cinquante ans consécutifs, sans aléa et sans à-coup sensible ;

3° L'auteur, dans sa très intéressante monographie, après avoir présenté le *Roi des Végétaux* dans une étude botanique concise, expose clairement les conditions nécessaires de sa culture de la façon la plus précise et la plus détaillée, et les moyens de protéger la plante contre les maladies ou les insectes qu'elle a pour ennemis.

Enfin, après avoir dressé, pour les trois cas qui peuvent se présenter, les dépenses et les revenus d'une installation, il passe en revue les applications si variées du fruit du cocotier qui fournit à la corderie, à la brosserie, des matériaux uniques ; à l'alimentation humaine, des éléments précieux sous forme de farine et de beurre ; intéressants, sous la forme, de sucre, d'alcool, de vinaigre ; à la toilette, à la bimbeloterie, des éléments importants.

L'auteur termine son ouvrage par quelques pages d'adresses spéciales diverses, intéressant le colon.

En résumé, le livre de M. Paul Hubert est à la fois un livre bien fait et le premier d'une œuvre bonne, philanthropique et patriotique.

Ch. Gallois.

(1) In-8°, 205 × 130 de XIII-135 p., avec 39 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906, Prix broché, 5 f.

Digitized by Google

**Combustibles industriels,** *houille, pétrole, lignite, tourbe, bois, charbon de bois, agglomérés, coke.* — Etude théorique et pratique des combustibles solides et liquides, à l'usage des chefs d'industrie, des Ingénieurs et propriétaires de mines, des armateurs et des officiers ou mécaniciens de navires. — Deuxième édition, revue et augmentée par Félix COLOMER, Ingénieur civil des mines, ancien Ingénieur en chef des mines d'Ostricourt, Ingénieur consultant en matière de mines, et Charles LORDIER, Ingénieur civil des mines, ancien inspecteur du matériel et de la traction à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest (1).

L'ouvrage de MM. Félix Colomer et Charles Lordier, dû à la plume de deux spécialistes expérimentés, présente, dans une exposition méthodique et complète tous les renseignements nécessaires à l'Industrie pour le choix des combustibles solides et liquides.

Il comprend essentiellement cinq parties distinctes consacrées aux principaux combustibles naturels ou artificiels : *la houille, le pétrole, les lignites, tourbes, bois et charbons de bois, les agglomérés, le coke,* chacune de ces parties renfermant elle-même, dans tous leurs détails, les propriétés de ces combustibles, leur mode d'analyse, leur extraction ou leur préparation, ainsi qu'une description très complète des foyers ou brûleurs appropriés à leur combustion.

Chacune de ces questions est étudiée longuement dans ses développements théoriques et pratiques, et les documents présentés dans la seconde édition mettent à jour les derniers perfectionnements de l'industrie minière : ils contiennent, en particulier, une description très exacte des nouveaux fours, laveurs, appareils d'agglomération, etc., que l'étranger a adoptés avec tant de faveur depuis quelques années.

Ed. C.

---

## VI^e SECTION.

**Précis d'Électricité,** par M. Paul NIEWENGLOWSKI, Ingénieur au Corps des Mines (1).

Cet ouvrage, qui fait partie de l'Encyclopédie des Travaux publics fondée par M. C. Lechalas. se divise en deux parties : dans la première, l'auteur fait connaître, indépendamment de toute théorie, les lois fondamentales de l'électricité et les expériences qui servent à les établir; dans la seconde, il soumet au calcul les résultats de l'expérience et montre les résultats à en tirer.

M. P. Niewenglowski a su donner à sa rédaction des dimensions restreintes, en réduisant chaque théorie à ce qu'elle a d'essentiel. Le chapitre sur l'homogénéité des formules et les différents systèmes d'unités,

(1) In-8, 255 × 165 de 567 p. avec 185 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix broché, 18 f.

(1) In-8°, 250 × 165 de 11 200 p. avec 64 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1906. Prix broché 6 f.

Digitized by Google

et celui où sont exposées la théorie de Maxwell, les expériences de Hertz, la télégraphie sans fil, la théorie des électrons, doivent être particulièrement signalés.

En résumé, œuvre très remarquable, à laquelle il convient de rendre hommage. P. S.

---

**Bases d'une théorie mécanique de l'Électricité,**
par SELIGMAN-LUI (1).

Dans cet ouvrage, M. Seligman-Lui jette les bases d'une théorie de l'électricité en partant des principes mêmes de la mécanique. Après les avoir brièvement rappelés, il consacre une première partie à l'étude des phénomènes de l'électrostatique et il examine la nature de l'électricité. Il entre ensuite dans des détails sur la conductibilité, la pile, les lois de Ohm et de Joule; puis passe à l'électrodynamique pour arriver à l'examen du magnétisme. Enfin, l'ouvrage se termine par une étude de la propagation des perturbations électriques et d'un certain nombre de questions communes à la théorie de l'électricité.

Il y a là évidemment une façon toute nouvelle d'envisager la question et il y a tout lieu de croire que beaucoup d'Ingénieurs seront intéressés par la manière élégante dont sont présentés les exposés successifs que contient ce livre d'une allure vraiment fort originale.

---

**Manuel pratique d'Électricité médicale,** par G. GEIGER, docteur en médecine de la Faculté de Paris. — *Électrologie et Instrumentation.* — *Rayons X et Courants de haute fréquence* (1).

Après avoir rappelé les notions élémentaires nécessaires à la compréhension des phénomènes électriques et avoir consacré une place importante à la charge des accumulateurs d'un si précieux secours dans les localités dépourvues de distribution d'énergie, l'auteur passe en revue l'outillage nécessaire aux diverses applications médicales de l'électricité, telles que cautère, endoscopie, rayons X, courants de haute fréquence.

P. S.

(1) In-8°, 225 × 140 de 208 p. avec 47 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. Prix broché : 3 f.

(1) In-8°, 225 × 140 de 185 p. avec 67 fig. Paris, H. Desforges, 1907. Prix : broché, 3 f.

---

*Le Secrétaire Administratif, Gérant,*
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 2238-2-07. — (Encre Lorilleux).

Digitized by Google

# MÉMOIRES

ET

# COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

## SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

---

# BULLETIN

DE

MARS 1907

---

N° 3.

---

## OUVRAGES REÇUS

---

Pendant le mois de mars 1907, la Société a reçu les ouvrages suivants :

### Astronomie et Météorologie.

*Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. N° 22 B. Art. 4. Tokyo, 1906* (in-4°, 260 × 180, pages 50 à 73 avec pl. I à XII). Tokyo, 1906. 44770

### Chemins de fer et Tramways.

*Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1904. Documents divers. Première partie. Intérêt général. France, Algérie et Tunisie* (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4°, 315 × 240 de 406 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1906. 44796

*Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1904. Documents principaux* (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4°, 315 × 240 de VI-569 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1906. 44797



Digitized by Google

## Chimie.

Petit (J.). — *Ceruse et blanc de zinc*, par G. Petit (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 154 p.). Paris, Gauthier-Villars; G. Masson et Cie, 1907. (Don des éditeurs.) 44803

## Construction des Machines.

*Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering, Navy Department, 1906* (in-8, 230 × 145 de 41 p.). Washington, Government Printing Office, 1906. 44798

Fricker. — *Rivetage*, par M. Fricker (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 168 p. avec 40 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1907. (Don des éditeurs.) 44776

Grimshaw (R.). — *Procédés mécaniques spéciaux et tours de main*, par Robert Grimshaw. Seconde série (L'Atelier moderne de constructions mécaniques) (in-8°, 225 × 145 de 277 p. avec 593 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. (Don de l'éditeur.) 44791

## Éclairage.

Rodet (J.). — *Les lampes à incandescence électrique*, par J. Rodet (in-8°, 225 × 145 de xi-200 p. avec 92 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. (Don de l'éditeur.) 44792

## Économie politique et sociale.

Grillet (L.). — *L'hygiène du travail dans les établissements industriels et commerciaux*, par Louis Grillet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 192 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1907. (Don des éditeurs.) 44777

Grillet (L.). — *La sécurite du travail dans les établissements industriels et commerciaux*, par Louis Grillet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 223 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1907. (Don des éditeurs.) 44778

*Notes sur la journée de huit heures dans les Établissements industriels de l'État* (République Française. Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Office du Travail) (in-8°, 235 × 155 de 94 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don du Ministère du Travail.) 44787

Vibert (P.-Th.). — *La colonisation pratique et comparée. Colonies françaises. Colonisation pratique. Colonies étrangères. Colonisation comparée.* Deux années de cours libre à la Sorbonne, par Paul Vibert (Théodore Vibert fils). *Tomes I et II* (2 vol in-8°, 255 × 165 de 422 p. et de 421 p.). Paris, Édouard Cornély, 1904 et 1905. (Don de l'auteur.) 44780 et 44781

Digitized by Google

VIBERT (P.-Th.). — *La concurrence étrangère. La Philosophie de la colonisation. Les questions brûlantes. Exemples d'hier et d'aujourd'hui*, par Paul-Théodore Vibert. *Tome I* (in-8°, 255 × 165 de xvi-572 p.). Paris, Édouard Cornély, 1906. (Don de l'auteur.) 44779

**Enseignement.**

TARDIEU (E.). — *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Création d'une École de Travaux publics à Bruxelles.* Conférence faite à la Société le 5 décembre 1906, par M. Eugène Tardieu (in-8°, 240 × 155 de 18 p.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1907. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels.) 44774

**Législation.**

*American Institute of Mining Engineers. Officers, Members, Rules, etc. January, 1, 1907* (in-8°, 230 × 155 de 168 p.). 44773

*Annuaire de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures. Promotions de 1832 à 1906* (in-8°, 225 × 150 de 710 p.). Paris, 1, rue de Stockholm, 1907. 44805

*Association amicale des Élèves de l'École nationale des Mines. 42e Annuaire, arrêté au 1er novembre 1906 (1906-1907)* (in-8°, 240 × 160 de 244 p.). Paris, Siège social. 44810

*Association internationale permanente des Congrès de Navigation. Liste des Membres, 1907* (in-8°, 235 × 155 de 117 p.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1907. (Don de l'Association). 44784

*Association internationale permanente des Congrès de Navigation. Règlement révisé en 1906* (in-8°, 235 × 155 de 10 p.). (Don de l'Association). 44785

*Liste générale des Membres de la Société et des Associations affiliées*, par ordre alphabétique et par départements, suivie d'un Répertoire de maisons recommandées (Bulletin de la Société des Agriculteurs de France, 5 mars 1907, pages 273 à 624) (in-8°, 250 × 160 de 452 p.). Paris, Hôtel de la Société, 1907. 44811

*Real Academia de Ciencias y Artes. Año Academico de 1906 à 1907. CXLVII de la creación de este Cuerpo. CXXXVII de su creación en Real Academia. Nomina del Personat academico* (in-16, 160 × 95 de 164 p.). Barcelona, A. Lopez Robert. 44769

**Métallurgie et Mines.**

COURIOT (J.) et MEUNIER (J.). — *Recherches sur l'inflammation électrique des mélanges explosifs d'air et de grisou ou de quelques gaz hydrocarburés*, par H. Couriot et J. Meunier (Extrait du journal Le Génie Civil) (in-8°, 240 × 160 de 56 p. avec 18 fig.). Paris, Publications du journal Le Génie Civil, 1906. (Don des auteurs). 44806

Digitized by Google

RIGAUD (F.). — *Préparation mécanique des minerais. Résumé pratique*, par F. Rigaud (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 190 p. avec 2 fig.). Paris, Gauthier-Villars; G. Masson et C[ie], 1907. (Don des éditeurs). 44804

*Statistique de l'Industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1905* (Ministère des Travaux publics. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division des Mines) (in-4°, 310 × 230 de XII-202 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. 44782

WICKERSHEIMER (E.). — *Considérations économiques sur l'exploitation du pétrole en Roumanie*, par E. Wickersheimer (in-8°, 225 × 140 de 59 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44799

**Navigation aérienne, intérieure et maritime.**

*Association internationale permanente des Congrès de Navigation. X[e] Congrès international de Navigation. Milan, 1905. Compte rendu des travaux du Congrès* (in-8°, 240 × 160 de 419 p. avec 20 pl.). Milan, Commission d'organisation du Congrès. Secrétariat général, 1906. (Don de l'Association). 44783

*Le Cinquième Congrès du Sud-Ouest navigable tenu à Bergerac les 6, 7, 8 et 9 juillet 1906. Compte rendu des travaux, Actes et Résolutions du Congrès* (in-8°, 250 × 160 de 480 p. avec 3 pl., 2 graph. et 1 tabl.). Bergerac, Imprimerie générale du Sud-Ouest (J. Castanet), 1906. (Don de M. J. Laval). 44786

*Statistique de la Navigation intérieure. Nomenclature et conditions de navigabilité des fleuves, rivières et canaux. Relevé général du tonnage des marchandises. Année 1905* (Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation) (in-4°, 305 × 230 de 412 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. 44807

*Ville de Genève. Usine n° 3. Programme de concours pour la présentation de projets réalisant les meilleures conditions pour utiliser la force motrice du Rhône à La Plaine* (1 dossier 355 × 235 renfermant 13 pièces). (Don de M. Turrettini, M. de la S.) 44817

**Périodiques divers.**

*Paris-Hachette. Annuaire complet, commercial, administratif et mondain. 11[e] année 1907* (in-16, 200 × 145 de XVI-128-944-608-688-336-XXVIII p.), Paris, Hachette. 44793

**Sciences morales. — Divers.**

*Mémoires présentés à l'Institut Égyptien et publiés sous les auspices de S. A. Abbas II, Khédive d'Égypte. Tome V. Fascicule I* (in-4°, 290 × 225 de 53 p. avec 19 pl.). Le Caire. 1906. 44789

Digitized by Google

**Technelogie générale.**

*Association Française pour l'avancement des sciences, Conférences de Paris. Compte rendu de la 35e session. Première partie. Documents officiels. Procès-verbaux* (in-8°, 250 × 150 de cxv-307 p. avec un plan de Lyon). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1906. 44812

*Exposition internationale de Saint-Louis, 1904. Section Française. Rapport du Département E. Machines. Opérations d'ensemble du Département :* M. Compère. *Groupe 62 :* M. Sosnowski. *Machines à vapeur :* M. Piaud. *Chaudières à vapeur. Groupe 63 :* M. Piaud. *Machines motrices diverses. Groupe 64 :* M. Savy. *Mécanique générale. Groupe 65-66 :* M. Chouanard. *Machines-outils* (in-8° 275 × 185 de 188 p. avec fig. et grav.) (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes). Paris, Comité Français des Expositions à l'étranger. (Don de M. Ch. Compère, M. de la S.) 44794

*Exposition universelle et internationale de Liège 1905. Section Française. Classes 19, 20, 21, 22.* Rapport de M. Compère (Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail) (in-8°, 275 × 185 de 88 p. avec 36 gravures). Paris, Comité Français des Expositions à l'étranger, 1906. (Don de M. Ch. Compère, M. de la S.) 44795

Laharpe (de), Vigreux (Ch.), Milandre (Ch.), Bouquet (R.-P.). — *Notes et formules de l'Ingénieur et du Constructeur-Mécanicien. Mathématiques, Mécanique, Électricité. Chemins de fer, Mines, Métallurgie, etc.* par un Comité d'Ingénieurs, sous la direction de Ch. Vigreux, Ch. Milandre et R.-P. Bouquet. 15e édition, suivie d'un Vocabulaire technique en français, anglais, allemand (in-16, 180 × 110 de xx-1982 p. et 1500 fig.). Paris, E. Bernard, 1907. (Don de l'éditeur.) 44809

*L'Année technique 1906*, par A. Da Cunha. Préface de Alfred Picard (Extrait du Répertoire général des fournisseurs de l'armée, de la marine et des travaux publics. Édition 1906) (in-8°, 285 × 195 de 237 p. avec 134 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. (Don de l'éditeur.) 44790

*The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXXI. N° III. 1906* (in-8°, 220 × 140 de vi-492 p. avec l pl.). London, E. and F. N. Spon, 1906. 44771

*The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXXII. N° IV, 1906* (in-8°, 220 × 140 de xv-523 p. avec pl. li à lv). London, E. and F. N. Spon, 1906. 44772

*Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol LVII. December 1906* (in-8°, 230 × 150 de vi-544 p. avec xli pl.). New-York, Published by the Society, 1906. 44802

Digitized by Google

*Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Vol 27. New-York Meeting 1905. Chattanooga Meeting 1906* (in-8°, 250 × 165 de 999 p.). New-York City, Published by the Society. 44775

Travaux de M. Luis A. Huergo (14 brochures de différents formats en espagnol). Travaux de M. Alberto Schneidewind (4 brochures in-8°, en espagnol). Travaux de M. Angel Gallardo (5 brochures in-8°, 3 en espagnol, 2 en français). (Don de M. Huergo). 44813, 44814 et 44816

Travaux de M. V.-E. de Timonoff. 76 brochures de différents formats, 68 en russe et 8 en français. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44815

## Travaux publics.

*Annales des Ponts et Chaussées. 1re partie. Mémoires et Documents. 76e année. 8e série. Tome XXIV, 1906. 4e trimestre* (in-8°, 255 × 165 de 446 p. avec pl. 26 à 29). Paris, E. Bernard. 44788

Dreschel (E.). — *Le petit livre du ciment*. Traduit de l'allemand, par E. Dreschel (Extrait de la Revue des Matériaux de construction et de Travaux publics de septembre et octobre 1906) (in-8°, 240 × 155 de 28 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs.) 44801

Leduc (E.). — *Chaux hydraulique et ciments de grappiers*, par E. Leduc (Extrait de la Revue des Matériaux de construction et de Travaux publics d'août, septembre et octobre 1906) (in-4°, 315 × 245 de 20 p. avec 6 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs.) 44800

## Voies et Moyens de communication et de transport.

Mossé (A.), — *Les transports en commun à Paris*, par Armand Mossé (in-8°, 225 × 140 de IV-415 p.). Paris, Marcel Rivière, 1907 (Don de l'éditeur). 44808

---

Digitized by Google

# MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mars 1907 sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

| | | |
|---|---|---|
| A.-E. Bellefille, | présenté par MM. | Bergeron, A. Bochet, P. Besson |
| A. Biosse-Duplan, | — | P. Besson, F. Clerc, Jourdain. |
| H.-P.-A. Canart, | — | L. Canart, E. Mathieu, Portevin. |
| E.-J.-A. Capitain-Gény, | — | Cornuault, Mallet, Carimantrand. |
| S. Catzoulidis, | — | Bodin, P. Fleury, da Cunha. |
| M.-E. Charvaut, | — | L. Henry-Lepaute, A. Henry-Lepaute, Michel-Schmidt. |
| P. Dalimier, | — | Chaudy, A. Henry, Escande. |
| G.-F. Espagne, | — | Bordier, Kœchlin, Marteau. |
| Ch.-R.-D.-B. King, | — | Mallet, Carimantrand, Rubin. |
| H. Labourdette, | — | P. Besson, Boulenger, Lorin. |
| C.-J. Lelièvre, | — | Casalonga, Eyrolles, Galotti. |
| B. Navarre, | — | Lépine, Navarre, Nicolet. |
| Ch.-A.-L. Rolland d'Estape, | — | Cornuault, L. Masson, Marquisan. |
| A. Schwartz, | — | Cance, A. Dubois, Royer. |
| J. Semichon, | — | A. Courtier, Labour, Picard-Méry. |

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

| | | |
|---|---|---|
| A. Colomb, | présenté par MM. | Danicourt, Rabeuf, E. Schmidt. |
| A. Jacobson, | — | Bodin, L. Masson, Ed. Coignet. |
| L.-L. Pezeril, | — | R. Le Brun, S. Périssé, Renaudin. |
| T. Timaksian, | — | G. Blum, J. Pillet, Vignes. |

Comme Membres Associés, MM. :

| | | |
|---|---|---|
| H. Essig, | présenté par MM. | Boivin, A. Julien, Loubat. |
| A. Meurer, | — | Cance, A. Dubois, Royer. |

Digitized by Google

# RÉSUMÉ

DES

# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1907

## PROCÈS-VERBAL

DE LA

## SÉANCE DU 1er MARS 1907

PRÉSIDENCE DE M. E. CORNUAULT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de MM. :

Claude Balme, Membre de la Société depuis 1896, Chevalier de la Légion d'honneur, Entrepreneur de travaux publics et ancien Chef de travaux à la Compagnie de Fives-Lille;

Ch.-M. Lartigue, Membre de la Société depuis 1873, Ingénieur-Conseil Chemins de fer et Mines, auteur du système de chemin de fer connu sous le nom de *Monorail;*

Enfin, une mort qui nous est particulièrement sensible, est celle de M. Georges Reymond, le fils de notre ancien Président, M. Reymond, ancien Directeur de l'École Centrale qui a trouvé la mort dans les circonstances douloureuses que tout le monde connait.

M. Georges Reymond était un ancien élève de l'École Centrale, de la promotion de 1893; il était Membre de notre Société depuis 1900.

Plutôt que d'accepter de faciles débuts en France, Georges Reymond, en digne fils de son père, voulut, dès sa sortie de l'École Centrale, se faire une carrière et se préparer un avenir.

Après cinq ans passés comme Ingénieur du fond à la Société houillère de Golorfka, dans le Donetz, il accepta d'aller, pour la Société de la Volga Vichiera, construire une usine métallurgique en plein Oural. Les hauts fourneaux construits, il revint sans avoir eu la satisfaction de les mettre en feu, mais plus attaché que jamais à cette Russie, dont il était arrivé à posséder complètement la langue si difficile.

Digitized by Google

Après une mission dans le sud de l'Oural, il fut appeler à créer l'exploitation houillère de Nikitovka, et ce fut là, au milieu de la steppe, dans un climat fiévreux, qu'il acheva de s'imposer comme un véritable directeur, à la fois conducteur d'hommes, dont il savait se faire aimer et respecter, constructeur intelligent, ingénieux, et exploitant expérimenté.

Ce fut avec regret qu'il rentra à Paris, se demandant s'il allait laisser sans emploi une expérience si complète de la vie industrielle russe; Mais, à peine rentré, il fut appelé au poste où se sont affirmées ses grandes qualités d'organisateur; Le Comité pour l'étude des intérêts communs des mines et usines du Midi de la Russie, dont il fut Secrétaire général, lui doit beaucoup et les intérêts français ont trouvé en lui un défenseur énergique qui n'hésitait pas, dans les Assemblées les plus nombreuses, à discuter en langue russe contre les adversaires les plus militants.

Appelé aux fonctions d'Ingénieur-Conseil des Aciéries du Donetz, il ne voulut pas refuser d'aller sur place réorganiser les services, afin de ne transmettre au nouveau Directeur qu'une affaire pleinement reconstituée; Et pourtant il ne partait pas sans appréhension, sachant les difficultés de tous genres qu'il rencontrerait; aussi, sa courageuse compagne, la digne fille de notre aimé Préfet de police, M. Lépine, qui n'avait pas hésité, cinq ans auparavant, à quitter l'existence brillante de Paris pour la vie en pleine steppe, ne voulut pas qu'il partit seul du moment qu'il allait au danger.

Il a succombé victime d'une vengeance anonyme, lui qui aimait tant tous ceux qui avaient travaillé à côté de lui.

« C'était l'un de vos compatriotes les plus faits pour faire aimer la France à l'étranger », écrivait de lui, il y a deux jours, le représentant en France d'une des grandes puissances étrangères.

Lorsqu'on ramènera à Paris le corps de notre malheureux Collègue, les Membres de la Société des Ingénieurs civils, tiendront à honneur d'assister aux funérailles de Georges Reymond, une victime du devoir de plus, dans le corps des Ingénieurs civils de France.

M. le Président adresse à la famille Reymond et à la famille Lépine les témoignages de douloureuse sympathie de la Société. *(Approbation unanime.)*

M. le Président adresse également aux familles de nos autres Collègues décédés l'expression des sentiments de sympathie de la Société.

M. le Président est heureux de faire connaître que notre Collègue, M. J. Carpentier, l'Ingénieur électricien bien connu, a été nommé Commandeur de la Légion d'honneur.

M. D. Levat a reçu de S. M. l'Empereur de Russie les insignes de Commandeur de Saint-Stanislas, avec le droit de porter la plaque de l'Ordre.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

Digitized by Google

M. le Président fait connaître que M. d'Ocagne a bien voulu aviser particulièrement la Société de l'ouverture du cours de calculs graphiques et nomographie qu'il fera à la Sorbonne tous les mardis et vendredis, à 5 heures et demie. M. d'Ocagne, dont les travaux sur ces questions sont bien connus des Membres de la Société, ajoute qu'il sera heureux si quelques-uns d'entre eux veulent bien s'intéresser à son cours, qui fera l'objet d'une quinzaine de leçons.

La Société a été avisée que le Gouvernement autrichien s'occupe d'un projet de construction d'un canal devant relier le Danube à la Theiss, et d'un port à établir dans l'île de Czepel, près de Budapest. Les constructeurs français sont invités à présenter des propositions.

Le Ministère des Travaux publics fait connaître que, par suite de l'établissement du nouveau nivellement général de la France, les plaques donnant les cotes du nivellement général de Paris seront incessamment remplacées par de nouvelles, présentant une cote inférieure de 0,615 m par rapport aux anciennes.

M. le Président fait connaître que par décision du Comité de ce jour, la séance du 5 avril tombant pendant les fêtes de Pâques, a été reportée et se confondra avec celle de 19 avril.

M. le Président adresse des remerciements à Mme veuve Monchot, qui a bien voulu, comme tous les ans, faire abandon en faveur de la Société de deux coupons d'une obligation de notre Société, en souvenir de son mari, notre regretté Collègue.

M. L. Georgeot a la parole pour sa communication sur *la Fabrication mécanique des tôles galvanisées.*

M. Georgeot rappelle tout d'abord l'intérêt qu'il y a à remplacer partout la fabrication à la main par la fabrication mécanique.

Appliquant ces procédés à la fabrication de la tôle galvanisée, il montre les avantages que l'on peut en retirer et les économies qui en résultent, tant au point de vue d'une production plus considérable dans le même temps, qu'au point de vue de la diminution de la consommation des matières premières et de la qualité des produits obtenus.

Il accompagne cet exposé d'un certain nombre de tableaux comparatifs montrant, d'une part, le prix de revient de la main-d'œuvre actuelle et, d'autre part, ce que produirait le procédé mécanique.

Il décrit ensuite la machine Machet, qui fait l'objet principal de cette communication et qui a pour but de faire mécaniquement la presque totalité des opérations nécessaires à la galvanisation des tôles.

Elle est disposée de telle sorte que la feuille est placée sur un premier plateau et automatiquement immergée dans le zinc de haut en bas en traversant une couche de sel ammoniac. Elle est ensuite déplacée parallèlement à elle-même dans le sein même du bain. Puis elle est soulevée automatiquement et, en sortant du bain, vient passer entre deux cylindres qui rendent plus uniforme la couche de zinc déposée à la surface. Elle est ensuite transportée sur un plateau qui lui-même la dépose sur un porteur sans fin qui la transporte au magasin.

Digitized by Google

M. Georgeot décrit également l'appareil accessoire distribuant automatiquement et régulièrement le sel ammoniac sur le zinc.

Enfin il conclut que, grâce à une machine à grosse production, on doit évidemment pouvoir réaliser une fabrication meilleure, plus considérable et moins coûteuse.

M. le Président remercie M. Georgeot de sa communication et dit qu'on en trouvera les détails plus complets dans le Bulletin.

M. le Président dit que l'ordre du jour appelle la *discussion sur l'électrosidérurgie*. M. Guillet va rappeler l'état de la question et provoquer, par l'exposé même qu'il fera, la contradiction ou la confirmation des renseignements qu'il donnera.

Avant de donner la parole à M. Guillet, M. le Président tient à faire connaître la présence dans la salle du Commandant d'artillerie italien, M. Stassano, dont on connait les beaux travaux en matière de fours électriques. Il remercie particulièrement M. le Commandant Stassano d'avoir répondu si rapidement à notre appel, car par suite d'un retard de correspondance, ce n'est qu'hier qu'il a appris notre discussion, et il n'a eu que le temps de sauter en chemin de fer. Il n'y a heureusement pas eu d'accident ni de retard et nous avons le plaisir de posséder M. le Commandant Stassano. *(Applaudissements.)*

(M. le Commandant Stassano prend place au bureau.)

M. L. Guillet a la parole.

M. Guillet pense qu'il y aurait lieu de discuter les différents points suivants, dont il résume brièvement l'état actuel :

1° *Les méthodes de fabrication* : *A*) En vue de la production de la fonte. Il rappelle, à ce sujet, les essais faits au Canada par M. Héroult et qui ont été couronnés de succès et les expériences de MM. Keller et Leleu, à Livet ;

*B)* En vue de la production de fer ou d'acier en partant du minerai, comme le fait M. le Commandant Stassano ;

*C)* En vue de la production de l'acier, par la méthode directe, toutes les opérations, fusions, affinage, se faisant au four électrique. C'est cette méthode qui, juqu'ici, est la plus employée ; elle a fourni déjà des quantités importantes d'aciers spéciaux et d'aciers à outils. Il est indubitable qu'elle remplace avantageusement la fabrication au creuset ;

*D)* En vue de la production de l'acier par la méthode indirecte. Ici, l'on prend l'acier à l'état liquide dans un four Martin ou autre et on le fait passer au four électrique pour en effectuer le peraffinage. Cette méthode est déjà utilisée à Syracuse et à Remscheid.

2° *Les appareils utilisés :* Les fours employés peuvent être divisés :

*A)* En fours à électrodes se subdivisant en :

$A_1$ Fours à plusieurs électrodes, le courant passant dans le bain. Type : Fours Héroult, Keller.

$A_2$ Fours à une électrode, le courant passant dans le bain. Type : Four Girod.

$A_3$ Fours à électrodes, le courant ne passant pas dans le bain. Type : Four Stassano.

Digitized by Google

*B)* En fours sans électrodes se divisant en :

$B_1$ Fours à induction.

Types : Kjellin et Schneider.

$B_2$ Fours utilisant l'effet Joule.

Type : Gin.

$B_3$ Fours à résistance :

Type : Girod.

M. Guillet donne une description très rapide de ces différents fours. Il fait remarquer à M. Girod que, si son four à électrode présente un intérêt considérable, il ne croit pas possible la réalisation industrielle de son four à résistance pour la fabrication de l'acier.

3° *La consommation d'énergie et le prix de revient :*

D'après les essais connus, on peut admettre comme consommation d'énergie 750 à 850 kgw par tonne d'acier dans le procédé direct, 350 dans le procédé indirect. Ce dernier chiffre découle des essais de Remscheid ; mais on pense bien l'abaisser à 150 kgw, avec un four plus important.

Il est à noter que la consommation des électrodes est nulle.

4° *La qualité des aciers obtenus et les raisons de ces qualités :*

Dans un tableau important, M. Guillet donne les propriétés mécaniques d'aciers préparés soit au four électrique, soit par les méthodes ordinaires (Martin et creuset). Ces essais démontrent nettement la supériorité des aciers électriques qui, toutes choses égales d'ailleurs, ont une résistance au choc supérieure à celle des aciers ordinaires. D'ailleurs, les résultats obtenus sur aciers à outils ordinaires ou à coupe rapide le démontrent aussi. Cette supériorité peut s'expliquer, d'après M. Guillet par trois raisons :

*a)* Une décantation à haute température, qui fait que les impuretés se séparent aisément de la masse ;

*b)* Une épuration plus parfaite, les réactions qui produisent cette épuration croissant avec la température ;

*c)* L'absence presque complète de gaz.

5° *L'avenir de l'électrosidérurgie :*

A ce sujet, M. Guillet énumère les nombreuses usines qui font déjà de l'acier au four électrique et qui prouvent bien que l'on est réellement entré dans l'ère de fabrication. Il conclut que :

*a)* La fabrication de la fonte au four électrique ne peut être intéressante que dans des cas particuliers, comme celui offert par le Canada ;

*b)* La méthode directe paraît avoir le plus brillant avenir, surtout pour la préparation d'aciers un peu chers : aciers à outils, aciers spéciaux, etc. ;

*c)* La méthode indirecte, sur laquelle on ne possède encore que peu de renseignements, paraît, au contraire, devoir s'étendre rapidement, grâce à l'utilisation des gaz de hauts fourneaux, pour produire à bon compte l'énergie électrique.

M. Girod, tout en faisant remarquer qu'il est entièrement d'accord avec M. L. Guillet sur la qualité des aciers obtenus par des fours électriques quelconques, croit devoir fixer quelques points historiques.

Digitized by Google

C'est ainsi que, répondant à une communication faite le 9 décembre devant le « Verein deutscher Eisenhüttenleuten », à Düsseldorf, par M. le professeur Eichhoff, attaché à la Société qui exploite le brevet Héroult en Allemagne, et prétendant que le four Girod n'est qu'une modification du four Héroult, M. Girod a dit que le four qu'il avait fait breveter pour la fabrication de l'acier n'est pas autre chose que le four modifié en vue d'un nouvel usage, qui est employé dans les usines de sa Société depuis 1898 pour la fabrication des alliages. Le four à sole conductrice, modifié en vue de la fabrication des aciers et alliages à faible teneur en carbone existait donc longtemps avant le dépôt du brevet Héroult.

M. Girod fait ressortir également que le four employé pour les essais de réduction de la fonte au Canada, par M. Héroult, est également une modification des fours qui ont été employés un peu partout pour la fabrication du carbure et des alliages carburés.

Enfin, M. Girod dit que le four d'Allevard, dont M. Guillet vient de faire un si grand éloge, se rattache au brevet qu'il a pris concernant le principe de la sole conductrice disposée de telle façon qu'en aucun cas ladite sole ne puisse influencer la nature du métal, soit par l'apport de carbone, soit par l'apport d'autres corps, ce qui est obtenu par le refroidissement artificiel ou non qui provoque un dépôt du métal à fabriquer sur le pôle noyé dans la sole. Des pourparlers amiables sont en cours afin d'éviter la soumission du différend aux tribunaux.

M. Girod ne peut toutefois pas être d'accord avec M. Guillet lorsque celui-ci dit que le procédé direct serait d'une application bien moins fréquente que le procédé indirect tel qu'il est pratiqué à Remscheid. A ce propos, M. Girod démontre que, dans son four, il obtient, même lorsque la charge est froide, le chauffage de toute la masse, parce que celle-ci venant s'interposer comme résistance entre la ou les électrodes supérieures et le pôle inférieur constitué par la sole, est portée à une haute température immédiatement, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on a deux électrodes en série, le courant passant par la surface du métal seulement. M. Girod croit que, dans ces conditions, les avantages de la marche directe peuvent, dans beaucoup de cas, compenser les avantages indiqués par M. Guillet comme étant le fait de la marche indirecte, ajoutant que les dépenses au four Martin, pour amener le métal à l'état *suroxydé*, doivent être assez importantes. M. Girod demandant si dans l'assistance quelqu'un peut le renseigner à ce sujet, M. Dutraux lui répond que les frais de combustibles au Martin ordinaire ne dépasseraient pas 350 à 400 kg de charbon par tonne d'acier fondu, ce qui correspond à sensiblement 8 f. M. Girod dit alors que c'est précisément le prix de revient de fusion qui résulte de l'emploi fourni par le gaz de haut fourneau, lorsqu'on fond dans son four de 1 500 kg de capacité de charge, du métal chargé froid qui ne doit pas être affiné. On consomme, en effet, à Ugine, pour cette opération, 385 kilowatts-heure. Si l'on admet pour l'énergie fournie au haut fourneau le prix de 0,02 f par kilowatt-heure, c'est donc une dépense de fusion de 7,69 f.

Enfin, M. Guillet faisant remarquer qu'on espère arriver à réduire, à Remscheid, l'énergie employée uniquement à l'affinage de 350 kilo-

Digitized by Google

watt-heure à 150 kilowatt-heure par tonne, M. Girod lui répond que cela se peut bien, mais que ce sont des espérances pour l'avenir qu'on discute en ce moment-ci sur des chiffres qui sont très défavorables au four électrique, parce que vu la faible dimension des appareils construits jusqu'à ce jour, la main-d'œuvre, comme il résulte du tableau ci-dessous, joue un rôle presque aussi important que celui de la force.

En marche directe, avec un four absorbant 240 à 250 kilowatts-heure, voici quels sont, d'après M. Girod, les frais de fabrication pour 1 t d'acier :

1. Refonte de matières pures, à Ugine :

| | |
|---|---|
| Énergie, 385 kilowatts-heure à 0,007 f. . . . | 2,69 f |
| Électrodes, 12 kg à 0,30 f. . . . . . . . . . | 3,60 |
| Main-d'œuvre, 6 heures à 0,50 f. . . . . . . | 3 » |
| Entretien. . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 » |
| Total. . . . . . . . . . | 11,29 f |

2. Affinage, à Ugine :

| | |
|---|---|
| Énergie, 800 kilowatts-heure à 0,007 f. . . . | 5,60 f |
| Électrodes, 20 kg à 0,30 f. . . . . . . . . . | 6 » |
| Main-d'œuvre, 14 heures à 0,60 f. . . . . . | 7 » |
| Entretien . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2,50 |
| Total. . . . . . . . . | 21,10 f |

Si nous reprenons les calculs avec l'énergie obtenue par le gaz de haut fourneau, nous avons :

1. Refonte de matières pures :

| | |
|---|---|
| Énergie, 385 kilowatts-heure à 0,02 f. . . . | 7,70 f |
| Electrodes, 12 kg à 0,30 f. . . . . . . . . . | 3,60 |
| Main-d'œuvre, 6 heures à 0,50 f. . . . . . . | 3 » |
| Entretien. . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 » |
| Total. . . . . . . . . . | 16.30 f |

2. Affinage :

| | |
|---|---|
| Énergie, 800 kilowatts-heure à 0,02 f. . . . | 16 » f |
| Électrodes, 20 kg à 0,30 f. . . . . . . . . . | 6 » |
| Main-d'œuvre, 14 heures à 0,50 f. . . . . . | 7 » |
| Entretien. . . . . . . . . . . . . . . . . | 2,50 |
| Total. . . . . . . . . . | 31,50 f |

Le prix de l'énergie vapeur dans de bonnes conditions étant de 0,04 f le kilowatt-heure, nous avons :

1. Refonte de matières pures :

| | |
|---|---|
| Énergie, 385 kilowatts-heure à 0,04 f . . . . | 15,40 f |
| Electrodes, 12 kg à 0,30 f . . . . . . . . . | 3,60 |
| Main-d'œuvre, 6 heures à 0,50 f. . . . . . . | 3 » |
| Entretien. . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 » |
| Total. . . . . . . . . . | 24 » f |

Digitized by Google

2. Affinage :

| | | |
|---|---|---|
| Énergie, 800 kilowatts-heure à 0,04 f. . . . | 32 | » f |
| Électrodes, 20 kg à 0.30 f. . . . . . . . . . | 6 | » |
| Main-d'œuvre, 14 heures à 0,50 f. . . . . . | 7 | » |
| Entretien. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2,50 | |
| Total. . . . . . . . . . | 47,50 f | |

Récapitulation :

| | Fusion. | Matières pures. | Affinage. |
|---|---|---|---|
| Énergie. . . . | 0,007 f | 11,29 f | 21,10 f |
| Gaz H.-F. . . | 0,02 | 16,30 | 31,50 |
| Vapeur. . . . | 0,04 | 24,00 | 47,50 |

Par contre, les prix de revient de l'acier fondu au creuset dans la Loire se calculent comme suit :

| | |
|---|---|
| Combustible, 30 à 35 f. . . . . . . . . . . . . | 30 f |
| Creuset . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 20 |
| Main-d'œuvre 28 à 35 f . . . . . . . . . . . . | 28 |
| Entretien du four, 8 à 10 f . . . . . . . . . . | 8 |
| Total. . . . . | 86 f |

et l'on ne peut charger dans le creuset que des matières pures dont le prix n'est pas comparable aux riblons dont on se sert au four électrique.

La lutte contre le four au creuset est possible dans n'importe quel cas avec des avantages énormes en faveur du four électrique. Quant à la lutte contre le four Martin, M. Girod estime qu'avec un four électrique à marche directe d'une puissance de capacité analogue à celle des gros Martin, c'est-à-dire 30 à 40 t, on arriverait à des prix de revient rivalisant avec ceux obtenus pour les aciers demi-fins, le four électrique ne visant pas la fabrication des produits tout-à-fait ordinaires.

M. Girod fait ensuite ressortir que son système se prête mieux, par suite d'impossibilité de courts-circuits, entre le grand nombre de pôles qu'il faut prévoir pour un four de grande puissance, à la réalisation d'un tel four à marche directe ou indirecte, que le four Héroult avec des électrodes de polarité différente qui ont toujours tendance à entrer en court-circuit et dont l'isolement entre elles représente une difficulté technique bien difficile à contourner dans un four qui dégage des vapeurs métalliques et dont le couvercle est traversé par toutes ces électrodes.

M. le Commandant Stassano a la parole.

M. le Commandant Stassano présente à la Société ses sincères remerciements pour l'honneur qui lui est fait de le convier à exposer ses idées sur l'importante question de l'Électrométallurgie du fer dont il s'occupe depuis si longtemps.

Il s'excuse tout d'abord de sa connaissance imparfaite du français ainsi que d'avoir à parler longuement et de ses études et de ses travaux. Il regrette en outre, vivement, d'avoir à développer des idées en oppo-

Digitized by Google

sition marquée avec celles qui viennent d'être soutenues par les orateurs précédents.

Lorsqu'il y a dix ans environ le Commandant Stassano commença ses études, il s'est placé à ce point de vue spécial de l'industrie métallurgique italienne, qui a vu ses hauts fourneaux s'éteindre successivement lorsque le coke est venu remplacer le charbon de bois. Très riche en gisement ferrifères, l'Italie ne possède pas de houille, ne produit donc pas de fonte ni de fer, et, si l'on examine les importations annuelles on se rend vite compte de l'intérêt qu'il y aurait pour ce pays à arriver à fabriquer le fer sans la houille.

Dès 1898, M. Stassano apercevait aux cours de ses premiers essais que le four électrique pourrait fournir la solution du problème. Des difficultés d'ordre financier retardèrent la réalisation d'expériences pratiques, définitives, tandis que, dans l'intervalle, la question était reprise à l'étranger, sous une forme différente, pour aboutir à la réalisation d'un four électrique uniquement destiné à la fabrication de produits fins et coûteux jusqu'alors exclusivement obtenus au creuset.

M. Stassano considère le four électrique comme destiné à des applications plus importantes et plus étendues, il doit permettre le développement de la grande industrie sidérurgique dans les pays riches en minerai de fer et en forces hydrauliques et dépourvus de houille, en remplaçant le haut fourneau, la cornue Bessemer et le four Martin, tandis que, dans les pays où la houille est à bon marché, il remplacera le creuset pour la fabrication des produits spéciaux, acier à outils et autres.

Dans un mémoire présenté au dernier Congrès international de chimie appliquée, M. Stassano énonce comme il suit les conditions fondamentales auxquelles doit répondre, selon lui, un four électrique.

Il faut :

1° Que le milieu où s'opère la transformation de l'énergie électrique en chaleur ne se trouve pas soumis à l'action directe de l'air atmosphérique, et qu'il soit absolument neutre au point de vue chimique :

2° Que la chaleur développée par cette transformation soit produite à une température aussi élevée que possible ;

3° Que les matières traitées n'aient aucun contact avec des corps étrangers capables d'exercer une influence nuisible sur leur composition ;

4° Que les appareils où auront à s'effectuer les diverses opérations métallurgiques auxquelles devra servir la chaleur provenant de l'énergie électrique soient construits de manière à pouvoir toujours fonctionner en pleine charge.

En se plaçant à ce point de vue, M. Stassano examine successivement les divers fours existants.

En suivant l'ordre chronologique, le premier four électrique fut le four à induction de Ferranti, breveté en Angleterre, en 1885, qu doit être mentionné quoiqu'il n'ait jamais fonctionné, pour rendre hommage au savant électricien anglais qui, le premier, a conçu ce type de four, attribué parfois par erreur à M. Kjellin qui, en 1900, en construisi un sur le même principe.

Digitized by Google

Sans parler des petits fours électriques de M. Siemens et du regretté M. Moissan, qui doivent être considérés comme des appareils de laboratoires, et quelques autres fours demeurés à l'état de simple esquisse sur le papier, il faut arriver aux premiers essais de Rome, en 1898, au cours desquels M. Stassano produit effectivement du fer et de l'acier.

Plus tard, presque simultanément, en 1900, nous trouvons les fours de MM. Kjellin, Héroult, Keller et Girod.

Dans tous ces fours, la transformation de l'énergie électrique, en chaleur est obtenue au moyen de l'arc voltaïque, sauf pour le four Kjellin, basé sur l'échauffement que le courant induit produit dans le secondaire d'un transformateur statique fermé en court-circuit.

Dans les fours Héroult, Keller et Girod, la petite résistance que le courant rencontre en passant d'une électrode à l'autre, à travers le bain métallique ou la scorie, détermine la transformation en chaleur, par effet Joule, d'une quantité d'énergie absolument négligeable en comparaison de celle transformée par les arcs qui jaillissent entre les électrodes et le bain, de sorte que le terme de *four à résistance* appliqué à ces fours parait un peu spécieuse.

On peut donc grouper les fours actuels en deux catégories, à savoir :

Fours à induction (four Kjellin) ;

Fours à arcs (fours Stassano, Héroult, Keller, Girod) ;

Le four Stassano se différencie des autres en ce que l'arc jaillit entre les deux électrodes qui ne touchent pas le bain, tandis que, dans tous les autres, l'arc s'établit entre les électrodes et le bain.

Le four à induction représente certainement une idée géniale. Mais, si on passe de la théorie à la pratique, on voit qu'au point de vue électrique, il ne travaille pas dans de bonnes conditions à cause du fort décalage du courant qui se produit dans le secondaire d'un transformateur statique fermé en court circuit, de la grande résistance magnetique de l'énorme carcasse qui le constitue, des dérivations magnétiques qui se produisent, etc. Au point de vue métallurgique, les conditions ne sont guère meilleures, parce que la longue et mince bande de métal qui constitue le secondaire du transformateur présente une grande surface à l'oxydation et, en raison de sa forme spéciale, ne peut pas être bien surveillée.

La première des quatre conditions énoncées plus haut, n'est donc pas réalisée, parce que le milieu dans lequel se produit la transformation de l'énergie électrique en chaleur ne peut pas être considéré comme chimiquement neutre.

La deuxième condition n'est également pas réalisée, parce que, comme il résulte clairement du rapport de la Commission canadienne, en faisant des produits durs à 1 0/0 de carbone, la fusion s'opérant sans difficulté; mais lorsqu'on a voulu produire de l'acier doux demandant une température plus élevée, on ne réussit pas à avoir une bonne coulée, la chaleur développée n'étant pas suffisante pour avoir un métal bien fluide.

La troisième condition est entièrement réalisée, car le four n'a pas d'électrode, de sorte qu'aucune substance étrangère ne peut affecter le bain.



Digitized by Google

Il semble *a priori* que la quatrième condition soit également facile à remplir ; mais, si on examine avec plus d'attention le mode de fonctionner du four, on voit qu'elle ne l'est pas : le courant absorbé par le four est fonction des dimensions de la couche de métal fondu, de sorte qu'au fur et à mesure que le métal fond, la quantité d'énergie croit, et, par conséquent, le four ne marche pas en pleine charge pendant toute l'opération.

Tel qu'il est construit, ce four ne peut pas être appliqué au traitement direct des minerais, en sorte que, tout en étant utilisé dans quelques installations pour la fabrication des aciers spéciaux et de valeur, en partant de bons riblons, il n'est pas certainement l'appareil destiné à résoudre le grand problème de la sidérurgie thermo-électrique.

M. Stassano examine ensuite les trois fours Girod, Héroult et Keller qui, tout en présentant entre eux des différences de construction importantes, ont dans leurs lignes générales et dans leur manière de fonctionner de notables analogies, spécialement au point de vue des quatre conditions fondamentales; ils peuvent ainsi se ramener à un type unique : ce sont des fours ouverts. L'air atmosphérique entre librement dans l'intérieur du four par les orifices de passage des électrodes, par les portes de chargement et par les trous servant au décrassage ou à la coulée du métal fondu. Et l'on ne peut pas invoquer le fait que, lorsque la charge est fondue, le bain métallique se trouve protégé de l'action oxydante de l'air par la couche de scorie qui le recouvre, pour démontrer que l'atmosphère du four est neutre au point de vue chimique. On sait, en effet, que, dans les fours Martin, la dernière partie de l'affinage est faite aux dépens de l'oxygène du protoxyde de fer de la scorie qui, se trouvant à la partie supérieure de la couche, se peroxyde et cède son excès d'oxygène aux impuretés du bain sur lequel elle surnage.

En conséquence, on voit tout de suite que la première condition n'est pas du tout réalisée avec ces fours, tandis que la seconde l'est entièrement, parce que la transformation de l'énergie électrique en énergie thermique se faisant au moyen de l'arc.

La troisième condition n'est pas réalisée ; les électrodes étant en contact direct avec le bain, une partie dû soufre des électrodes passe certainement dans le bain, ainsi que le carbone des électrodes, dont l'usure est sensible. L'expérience montre en effet très clairement que, dans la marche en affinage avec ces fours, on doit suivre constamment l'opération en prenant des éprouvettes pour être sûr d'arriver au produit final voulu; si l'on fait, au contraire, la réduction directe du minerai, on est obligé de passer par la fonte.

M. Stassano insiste à ce propos sur la nécessité absolue — contestée par beaucoup de métallurgistes — de travailler avec dosages fixés au préalable dans la marche en affinage ou quand on part du minerai d'arriver directement dans une seule opération au produit fini sans passer par la fonte. Ces conditions sont absolument indispensables si l'on veut tirer parti de tous les avantages que le four électrique peut donner dans la métallurgie du fer.

Dans le four Girod, Héroult et Keller, la quatrième condition n'est satisfaite qu'en partie, car il faut réduire l'intensité du courant envoyé

Digitized by Google

dans le four avant que le bain soit complètement fondu, sans quoi on se heurte à de grosses difficultés de réglage, et de plus il résulte du rapport de la Commission canadienne, qu'on est obligé d'interrompre le courant lorsqu'on fait le décrassage et lorsqu'on coule.

Il est indéniable que, tout en ne remplissant pas complètement toutes les conditions désirables pour la bonne marche d'un four électrique, ces appareils sont très remarquables et donnent effectivement de bons résultats.

M. Stassano fait ensuite la description de son four, en s'excusant de n'avoir pu apporter de dessins explicatifs, faute de temps suffisant.

Dans ses lignes générales, le four est constitué par une chambre de fusion à parois réfractaires, dans laquelle débouchent les électrodes entre lesquelles jaillit l'arc. Les électrodes sont légèrement inclinées sur l'horizon et cette disposition fait que la flamme de l'arc est dirigée vers la sole et, par suite, sur le bain qui la recouvre, sans que les électrodes touchent le bain.

Une ouverture dans la paroi permet d'introduire sur la sole les matières à traiter.

Pendant la marche, cette ouverture est fermée au moyen d'une porte garnie intérieurement de briques réfractaires. Au sommet de la voûte, une autre ouverture donne passage aux produits volatils des réactions qui se produisent dans la chambre de fusion ; cette ouverture n'est pas directement en communication avec l'air extérieur, mais reliée à un barillet par l'intermédiaire d'une tuyauterie. On comprend aisément qu'avec cette disposition on obtient, dès que le four est mis en marche, une atmosphère neutre au point de vue chimique qui permet de travailler exactement sur dosages établis à l'avance.

Toute la chambre de fusion, avec ses électrodes, peut tourner autour de son axe de figure qui n'est pas vertical, mais légèrement incliné, ce qui permet un brassage énergique de la matière traitée.

Comme les électrodes ne touchent pas le bain, on est sûr que ni leurs impuretés, ni leur carbone ne peuvent attaquer la masse métallique, en même temps on est aussi certain de n'avoir aucun dégât en maintenant l'arc allumé pendant la charge, pendant le décrassage, le brassage et la coulée, ce qui permet de pouvoir toujours marcher à pleine charge. On voit donc que ce four, conçu et étudié en vue de la réalisation des quatre conditions fondamentales énumérées plus haut, permet de les réaliser complètement dans les limites de la pratique. On peut, par conséquent, avec ce four, réaliser dans de bonnes conditions, soit de la simple fusion, soit de l'affinage, soit traiter directement les minerais pour en retirer dans une seule opération le produit final voulu, ainsi que cela se pratique journellement à Turin.

Au cours d'une expertise faite pour le Patent Amt de Berlin, le Dr Hans Goldsmith d'Essen a constaté effectivement qu'en chargeant dans le four un mélange de minerai de fer, de charbon et de fondant en proportions déterminées, on arrivait directement à produire du fer qu'il déclara, dans son expertise, pouvoir se comparer au meilleur fer suédois au charbon de bois. Il assista à la fabrication directe, en partant des minerais, de l'acier chromé de bonne qualité et très pur. Ceci

Digitized by Google

s'explique si l'on se rappelle que le four est construit de telle sorte que les charges introduites ne sont exposées à aucun contact qui puisse modifier leur composition. La préparation des charges est d'ailleurs une opération industrielle très simple : le broyage du minerai, le mélange avec le charbon nécessaire pour absorber tout l'oxygène qu'il contient et avec le fondant indispensable pour scorifier la gangue et les impuretés, et enfin la réduction du mélange en briquettes sont toutes opérations qui rentrent dans la pratique industrielle courante.

Les choses ne se passent pas différemment si au lieu de traiter directement le minerai on fait de l'affinage; en effet, depuis trois ans, avec le four installé pour le compte du Ministère de la Guerre italien dans l'usine de construction d'artillerie de Turin et, depuis un an, dans les fours que la Société Forni Termoelettrici Stassano vient d'installer également dans ses usines à Turin, M. Stassano produit couramment de l'acier de composition déterminée en partant de tournure de fonte et de riblons, sans prendre d'éprouvette pendant l'opération. Et, pour arriver à ce résultat, il suffit de faire un calcul théorique en connaissant la composition moyenne des matières employées et en contrôlant ce dosage avec deux ou trois opérations d'essai au maximum. Cette propriété du four électrique permet de fabriquer l'acier sans que les ouvriers ou les contremaîtres employés au four possèdent les connaissances spéciales requises dans les procédés ordinaires.

M. Stassano indique, en terminant, quelques chiffres relatifs à ses appareils. Le four de 140 kilowatts, maintenant en marche dans l'installation de Turin, produit le kilogramme de métal acier en affinant la fonte ou en fondant les riblons avec une dépense d'énergie qui ne dépasse pas 1,3 kilowatt-heure en partant de la fonte et 1 kilowatt-heure lorsqu'on fait seulement fusion et affinage de riblons. La consommation des électrodes ne dépasse pas 5 kg par tonne de produit et la perte des matières premières employées se maintient toujours au-dessous de 4 0/0.

Avec le four de 1 000 HP, la consommation d'énergie est sensiblement inférieure à celle du four précédent, mais cette diminution de consommation ne peut pas encore être chiffrée, parce que l'on n'a pas encore fait d'essais réguliers et nombreux à ce sujet. Au cours des premiers essais, on a constaté ce fait intéressant qu'une unité de cette puissance pouvait être alimentée par le réseau urbain de Turin qui fournit le courant, sans amener de perturbation sur le réseau.

Pendant l'hiver actuel, le travail est interrompu en raison de l'insuffisance du débit des rivières alimentant les stations génératrices, mais M. Stassano espère pouvoir bientôt donner des résultats exacts et certains sur la consommation d'énergie du four de 1 000 kilowatts.

M. Stassano exprime le souhait de voir bientôt les membres de la Société visiter, en grand nombre ses installations afin de vérifier la justesse de ses vues.

M. Girod a la parole.

M. Girod, avant tout, tient à rendre hommage au nom de tous les électrométallurgistes, à la persévérance qu'a mise M. Stassano pour

Digitized by Google

réaliser l'appareil, malheureusement un peu compliqué, qu'il vient de nous décrire. M. Girod fait remarquer ensuite, qu'au point de vue économique, M. Stassano restreint trop le champ d'action du four électrique ; également que le four Stassano ne répond pas en entier au programme que M. Stassano lui-même vient de formuler : 1° la chaleur ne trouve pas son application parfaite parce que M. Stassano éloigne son centre de production du métal en fusion ; 2° M. Stassano se sert comme conducteur de chaleur, de gaz forcément moins conducteur que le laitier et même que le métal. Les chiffres mêmes qu'indique M. Stassano font voir que son four perd plus de chaleur que les fours à électrodes plongeant dans le laitier.

M. Girod ne peut admettre comme une infériorité des autres fours à électrodes le fait que celles-ci sont en contact avec le laitier même si celui-ci est en couche excessivement mince. Il est suffisamment prouvé par les expériences faites de M. Héroult et de M. Girod lui-même que l'on peut obtenir dans ces fours des aciers pour ainsi dire exempts de carbone.

M. Girod fait remarquer également que dans son four à sole conductrice même chargé de matières froides, il obtient une marche parfaitement régulière, le four étant réglé depuis le commencement jusqu'à la fin de l'opération automatiquement.

Il semble résulter, de ce qui précède, un avantage en faveur des fours à électrode chauffant directement par contact de la matière en fusion.

M. Saconney a la parole.

M. Saconney dit qu'au cours d'une étude sur les fours électriques, faite par une société métallurgique étrangère, il a eu l'occasion, comme Membre de la Commission chargée de cette étude, de suivre de près quelques opérations aux fours électriques et vient donner quelques chiffres observés. Les fours étudiés étaient le four Stassano, à Turin, le four Héroult, à Remscheid, et le four Girod, à Ugine.

Avec le four Stassano, il est difficile de faire une épuration considérable du métal. Son fonctionnement le rapproche, dans ces conditions, d'un four à creusets.

Sur cinq coulées auxquelles M. Saconney a assisté, à Turin, quatre ont été faites avec des matières premières de bonne qualité : fonte de Suède, riblons à 0,040 0/0 de S et 0,050 0/0 de Ph. Le métal obtenu contenait encore 0,033 de S et même 0,082 de Ph (augmentation provenant probablement des additions). La cinquième coulée a été faite intentionnellement avec les matières premières les plus mauvaises que l'on ait pu trouver : tournure de fonte à 1 0/0 de Ph et 0,080 de S, riblons à 0,350 de Ph et 0,060 de S. Cette coulée a donné de l'acier ayant S = 0,102 et Ph = 0,250, donc pas de désulfuration et une diminution assez notable du phosphore. Ce départ de Ph ne serait pas une déphosphoration, car, en employant des matières aussi impures, il serait impossible, rien que par le fait de les fondre avec de la chaux, de ne pas faire disparaitre une grande partie du phosphore, la difficulté réside à faire disparaitre cet élément lorsqu'il atteint 0,100 à 0,200 0/0.

En somme, M. Saconney est d'avis que le procédé du Commandant

Digitized by Google

Stassano ne permet d'arriver à un résultat très satisfaisant que si l'on part de matières premières d'excellente qualité. Le four peut parfaitement être adapté à la fabrication en affinage et déphosphoration, genre Martin, mais on serait obligé pour cela, à cause de la température du bain, réellement moins élevée que dans les deux autres types, de prolonger outre mesure la durée de l'opération pour racheter le refroidissement inévitable provoqué par les décrassages successifs. On ne peut considérer le four Stassano que comme étant destiné à la seule fabrication des aciers de qualité supérieure. Le prix élevé du garnissage, en raison de la forme du four et son usure due à la réverbération constante et directe de l'arc sont une source de dépenses d'entretien considérables.

M. Saconney a constaté à l'usine Stassano un fait qui est tout à l'avantage de l'acier fabriqué à ce four et à l'acier fabriqué électriquement en général. Les moulages fabriqués dans cette usine, et qui contiennent certainement au moins 0,050, pour ne pas dire plus, de Ph et de S, sont cependant d'excellente qualité. Une bavure de moulage prélevée sur une pièce n'ayant subi aucun recuit, a pu être soumise à quatre ou cinq flexions à moins de 90 degrés sans se rompre.

Les deux coulées suivies au four Héroult ont été faites en partant de boccages de fonte à 0,900 0/0 de Ph et de riblons à 0,067.

A Remscheid, on emploie le procédé mixte : l'acier est d'abord affiné et suroxydé dans un four basculant Welmann; l'opération s'achève au four Héroult, dans lequel le métal séjourne deux heures à deux heures et demie. Cela semble d'autant plus long que la déphosphoration est déjà très poussée au four Welmann. En effet, les éprouvettes prélevées dans la poche, au moment de la coulée dans le four électrique, accusent pour la première coulée 0,031 et pour la deuxième coulée 0,014 de Ph. Le four Héroult ne fait que désulfurer et perfectionner la déphosphoration. Les résultats obtenus à ce four sont remarquables. Les chiffres relevés sur les livres de l'usine de Remscheid indiquent des teneurs en S et Ph dépassant rarement 0,10 0/0.

L'usine de Remscheid fait d'ailleurs des aciers au creuset depuis de longues années; aussi le four Héroult, desservi par un personnel connaissant à fond la fabrication de l'acier, s'y trouve-t-il dans des conditions exceptionnellement bonnes.

Au four Girod, à Ugine, au cours de cinq coulées faites avec de la fonte de chasse à 0,046 de Ph et des riblons à 0,075, on a obtenu des aciers dont la teneur en Ph varie de 0,017 à 0,048 et le S de 0,013 à 0,035. Il semble, au premier abord, qu'il n'y ait là qu'une épuration courante que l'on peut obtenir au four Martin. Mais il faut observer que les cinq opérations au four Girod ont été faites sans aucune précaution et avec une durée variant de trois heures un quart à cinq heures pour une production de 1 000 à 1 400 kg, en partant d'une charge froide et cela par un personnel n'ayant jamais vu fabriquer d'acier. On se rend facilement compte que ce même four, mis entre les mains d'aciéristes expérimentés, donnerait des résultats au moins aussi brillants, au point de vue chimique, que le four Héroult. D'ailleurs, sur une quinzaine de coulées relevées au hasard sur le livre du laboratoire de cette usine, et

Digitized by Google

comprenant toutes les nuances d'acier, on trouve les proportions suivantes : S = 0,001 à 0,035, Ph = traces à 0,037. Ces coulées ont été faites dans des conditions très mauvaises comme personnel et matériel, en présence des diverses délégations venues à Ugine pour étudier le four, c'est-à-dire dans des conditions défavorables pour une étude suivie. Cette étude va être rationnellement entreprise et il est à supposer que, sous peu, l'usine d'Ugine donnera d'une façon suivie des aciers de toutes qualités et d'une pureté exceptionnelle.

Comparant maintenant ces deux fours au point de vue installation et exploitation, M. Saconney constate les avantages et inconvénients suivants :

Avantage du four Girod, parce qu'il n'a qu'une seule électrode ou plutôt parce que, lorsqu'il y en a plusieurs, elles sont en parallèle, donc pas de courts-circuits à craindre par l'enveloppe, cela permet de réduire le jeu entre l'électrode et le trou servant à son passage dans le couvercle, d'où moins de perte de chaleur, moins d'usure dans les électrodes. A cause du faible voltage, toute difficulté est supprimée au point de vue de l'isolement et la mise en marche est beaucoup plus facile et plus rapide. Pas de court-circuit à craindre par la charge elle-même lorsque l'on charge en matières solides, ce qui rend très irrégulier et même dangereux le départ sur riblons froids au four Héroult.

Le réglage, à Remscheid, même en chargeant l'acier liquide, doit être fait à la main pendant une demi-heure à trois quarts d'heure avant de le faire automatiquement.

Avantage du four Héroult dû à la plus faible intensité. L'intensité double du four Girod oblige à doubler la dépense pour les conducteurs; c'est une augmentation du prix de premier établissement, mais cette augmentation est largement compensée. d'autre part, comme on va le voir.

Avantage du four Girod sur le dispositif de suspension et réglage des électrodes, plus simple et plus pratique permettant d'isoler dans la salle des machines les appareils délicats de réglage.

Le four Girod utilise mieux l'énergie calorifique développée par la résistance, car dans ce four la résistance intéresse la totalité de la charge, tandis que dans le four Héroult elle n'intéresse que les couches supérieures, le fond doit être réchauffé par conductibilité. On a constaté à La Praz qu'il fallait plus de deux heures pour arriver à chauffer le fond. Ceci expliquerait le long séjour du bain dans le four électrique constaté à Remscheid.

L'avantage signalé plus haut pour le four Héroult est très relatif, car il est détruit largement par le prix plus élevé de ce four.

Le four Héroult coûte environ 30000 f, y compris les appareils de réglage, sans électrodes ni fondations.

Le four Girod coûte environ 20 000 f dans les mêmes conditions, soit donc en faveur de ce dernier une économie de plus de 10 000 f, compensant et au delà la plus forte dépense pour les conducteurs.

Comme conclusion, les avantages du four Héroult ne portent que sur la première installation; ceux du four Girod, qui sont indéniables, se font sentir d'une façon constante pendant toute la durée de la marche

Digitized by Google

du four, de sorte que M. Saconney montre une préférence marquée pour le four Girod, qui serait d'un rendement plus économique, tout en donnant, comme pour le four Héroult, toutes les qualités d'acier désirées.

M. Stassano fait observer, en réponse aux remarques de M. Saconney, que celui-ci a oublié de dire que les deux premières coulées faites en sa présence ne doivent pas être retenues, une erreur ayant été commise dans le calcul des dosages de ces deux premières charges, comme il le lui fit remarquer immédiatement. Quant aux autres opérations, elles constituaient chacune un premier essai avec les différentes charges employées. Or, comme on l'a vu, dans le four électrique on doit arriver au produit final avec dosage fait au préalable, parce que cela répond parfaitement à la théorie et à la pratique de cet appareil, mais on ne peut pas prétendre atteindre ce but avec un simple calcul théorique, sans le contrôle d'un essai pratique. Si une telle manière de procéder était réalisable, le four électrique constituerait un appareil donnant exactement les résultats théoriques, ce qu'on ne peut raisonnablement demander. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit qu'il croit difficile de continuer la discussion. Elle ne paraît pas épuisée, mais l'heure est trop avancée ; on pourra la reprendre, car, outre que plusieurs Membres devaient prendre la parole, notamment M. Clerc, nous avions la promesse de M. Le Chatelier, qui n'a pas pu venir, de M. Saladin, etc., de sorte qu'il semble que la suite de la discussion pourra se continuer dans quelque temps à la Société. En tout cas, on peut constater tout l'intérêt qui s'attache à cette discussion.

Sans vouloir entrer dans le détail des différences des trois fours surtout décrits ici, c'est-à-dire le four Héroult, le four Girod et le four Stassano, M. le Président croit devoir dire, non pas seulement par courtoisie franco-italienne, à laquelle cependant il attache une grande importance, mais aussi pour rendre hommage à la vérité, combien les travaux exécutés par M. le Commandant Stassano sont appréciés à la Société des Ingénieurs civils. *(Applaudissements.)*.

Il rend aussi hommage au travail de M. Girod, qui se défend si bien, quelquefois même en attaquant les autres, et à M. Héroult, qui n'est pas présent et dont les fours ont été fort bien décrits par M. Guillet.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-E. Bellefille, H.-P.-A. Canart, E.-J.-A. Capitain-Gény, C.-J. Lelièvre, A. Schwartz, comme Membres Sociétaires Titulaires ;

De MM. L.-L. Pezeril, T. Timaksian, comme Membres Sociétaires Assistants, et de :

M. A. Meurer, comme Membre Associé.

MM. A.-M. Biosse-Duplan, S. Catzoulidis, M.-E. Charvaut, D. Dalimier, G.-F. Espagne, Ch.-R. King, H. Labourdette, B. Navarre,

Digitized by Google

Ch.-A.-L. Rolland d'Estape, J. Semichon, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires;

MM. A. Colomb et A. Jacobson, comme Membres Sociétaires Assistants, et

M. H. Essig, comme Membre Associé.

**La séance est levée à 11 h. 55 m.**

*L'un des Secrétaires techniques :*
G. Bousquet.

---

# PROCÈS-VERBAL

DE LA

## SÉANCE DU 15 MARS 1907

Présidence de M. E. Cornuault, président.

La séance est ouverte à 8 h. 45 m.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

H.-L. Montandon, Ancien Élève de l'École Centrale (1874), Membre de la Société depuis 1879, Ingénieur Civil;

F. Crestin, Membre de la Société depuis 1904, Attaché au Ministère de l'Intérieur de l'Empire Russe;

J.-C.-A. Doumerc, Membre de la Société depuis 1873, Chevalier de la Légion d'honneur, Ancien Directeur de la Société Anonyme des Papeteries du Marais et de Sainte-Marie, Ingénieur Civil;

E.-H.-A. Hospitalier, Ancien Élève de l'École Centrale (1877), Membre de la Société depuis 1889, Chevalier de la Légion d'honneur.

M. Hospitalier était Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris, Rédacteur en Chef de *l'Industrie électrique*, Lauréat de l'Académie des Sciences, Prix Gaston Planté (Physique) en 1903. M. Hospitalier a été Membre de notre Comité (6e Section) en 1904 et fut, cette même année, Titulaire *(ex æquo)* du Prix François Coignet;

A.-A. Bethouart, Ancien Élève de l'École Centrale (1862). Membre de Société depuis 1869. Censeur de la Banque de France, Ancien Prési-nt du Tribunal de Commerce et Ancien Maire de Chartres. Directeur ljoint à la Direction des Moulins du Camp retranché de Paris. Ancien ésident de l'Association amicale des Anciens Elèves de l'Ecole Cen-le, Officier de la Légion d'honneur;

F. Auderut, Ancien Élève de l'École Centrale de Lyon (1867). Membre la Société depuis 1875. A été attaché aux Etablissements Petin-Gau-

Digitized by Google

det à Saint-Chamond. Ancien Directeur des Tramways de Douai, de l'exploitation des Tramways de l'Est-Parisien; était en dernier lieu Chef des exploitations de Alexandria and Ramleh Railway C° Ltd et de la Compagnie des Tramways d'Alexandrie;

F.-N. Renard, Ancien Élève de l'Ecole Centrale (1850), Membre de la Société depuis 1852. Inspecteur honoraire des Aqueducs de la Ville de Paris.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir de faire connaître que notre Collègue, M. Lamolle, a été nommé Ministre des Travaux Publics de l'Uruguay.

M. G. Sautter a été nommé membre de la Chambre de Commerce de Paris.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un des prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître que le Congrès Colonial Français se tiendra à Paris, du 10 au 16 juin prochain. Il est organisé par le Comité des Congrès Coloniaux Français et notre Collègue, M. J.-M. Bel, est Président de la Section de l'Industrie minérale dans les Colonies.

Les documents y relatifs sont déposés à la Bibliothèque.

La Ville de Genève met au concours la présentation d'un projet réalisant les meilleures conditions pour l'utilisation de la force motrice du Rhône, à la Plaine, à 10 km à l'aval de Genève.

Il s'agit d'établir un barrage sur le Rhône.

Les projets doivent être remis au Conseil d'administration avant le 31 août 1907.

Les documents relatifs à ce concours sont déposés à la Bibliothèque et nous ont été transmis par notre Collègue M. Turettini, Membre correspondant, qui est le Président du Jury chargé d'examiner les projets.

M. le Président rappelle que la Municipalité et la Chambre de Commerce du Havre ont pris l'initiative de former un Comité chargé d'ouvrir une souscription pour élever un monument à la mémoire de notre regretté Collègue, M. Auguste Normand, récemment décédé et universellement connu comme Constructeur maritime.

Ce Comité a constitué son Bureau comme suit :

Président d'honneur : M. le Ministre de la Marine;

Présidents : MM. Maillart, Maire, et J. Couvert, Président de la Chambre de Commerce;

Vice-Présidents : MM. Massoni, Chef du service de la Marine, et Bricard, Directeur des Forges et Chantiers de la Méditerranée;

Secrétaire : M. Acher, Conseiller général;

Trésorier : M. Trouvay, Constructeur et Membre de notre Société.

Ceux de nos Collègues qui désireraient contribuer à l'hommage qui va lui être rendu par ses compatriotes, sont priés d'adresser leur souscription à l'un des Présidents ou au Trésorier du Comité (Hôtel de Ville

Digitized by Google

du Havre). Une liste est également ouverte au Secrétariat de notre Société.

M. F. Chaudy a la parole pour une communication sur un *Essai d'une théorie de la flexion des poutres droites en beton armé.*

M. Chaudy rappelle qu'en 1899 il a donné une méthode de calcul des poutres en béton armé basée sur la conception suivante :

Une poutre en béton armé peut s'assimiler à une poutre métallique à treillis en N dont les diagonales comprimées sont remplacées par le béton, l'adhérence de celui-ci au fer remplaçant la résistance qu'offrent les rivets d'attache des treillis sur les membrures.

Dans ces conditions, M. Chaudy a montré que la direction des efforts dans le béton était inclinée à 45 degrés sur celle des membrures.

La déformation d'une poutre droite en béton armé comprend trois phases :

1° Déformation suivant le principe de la conservation des sections planes transversales, qui restent planes pendant la déformation;

Si on désigne par $R_a$ et $E_a$ le travail moléculaire et le coefficient d'élasticité d'une diagonale de la poutre métallique assimilable, par $R'_b$ et $E_b$ le travail moléculaire et le coefficient d'élasticité de la même diagonale en béton, la flèche $f_1$ a pour expression :

$$f_1 = \varphi \times \frac{\frac{R'_b}{E_b}}{\frac{R_a}{E_a}} = \varphi \times \frac{R'_b E_a}{R_a E_b} = \varphi \times \frac{8\omega E_a}{el}$$

$\varphi$ étant la flèche prise par la poutre métallique assimilable sous l'action des charges $p$, $\omega$ la section d'une membrure métallique, $e$ l'épaisseur de la poutre en béton dont la portée est $l$.

Cette première partie de la déformation a lieu sous l'action des forces :

$$p_1 = p \times \frac{8\omega E_a}{el}.$$

2° Achèvement du raccourcissement de la membrure comprimée et de l'allongement des étriers.

Cet achèvement se fait sans que la poutre fléchisse, mais son épaisseur augmente.

3° Achèvement de l'allongement de la membrure tendue.

Cet achèvement se produit sous l'action des forces $p_2 = p - p_1$. La flèche est égale à la moitié de celle que prendrait la poutre métallique assimilable sous l'action de ces forces $p_2$, soit :

$$f_3 = \frac{\varphi}{2}\left[1 - \frac{8\omega E_a}{elE_b}\right].$$

En résumé, la flèche totale de la poutre en béton armé a pour expression :

$$f = f_1 + f_2 + f_3 = \varphi\left[\frac{4\omega E_a}{elE_b} + \frac{1}{2}\right].$$

M. Chaudy signale le moyen rationnel de consolider un tablier mé-

Digitized by Google

tallique de pont au moyen de poutres en béton armé dont les membrures sont moitié moins écartées environ que celles des deux poutres métalliques du tablier. Cet écartement de moitié environ est une conséquence de la formule ci-dessus dans laquelle le terme $\frac{4\omega E_a}{elE_b}$ est petit à côté du terme $\frac{1}{2}$.

M. Chaudy montre aussi que la formule du flambage des prismes chargés de bout en béton armé est la même que celle du prisme métallique assimilable affectée du coefficient $\frac{4\omega E_a}{elE_b} + \frac{1}{2}$.

Enfin, pour terminer, M. Chaudy fait remarquer que sa formule de la flèche donne un résultat un peu supérieur à la réalité parce que cette formule est établie en négligeant la résistance du béton à la traction.

Au contraire, la formule qui est préconisée dans les instructions ministérielles du 20 octobre 1906 sur l'emploi du béton armé donne un résultat inférieur à la réalité parce qu'on suppose que le béton est capable de résister partout, sans se fendre, aux efforts de traction auxquels il est soumis, ce qui n'est pas exact. On peut dire que la formule de M. Chaudy donne une limite supérieure de la flèche et que la formule des instructions ministérielles donne de cette flèche une limite inférieure. La flèche réelle est sensiblement la moyenne de ces deux limites.

M. Chaudy ajoute que sa théorie a cet avantage de mettre en évidence, pour la première fois, le renflement de la poutre en béton armé pendant la déformation.

M. le Président remercie M. Chaudy. L'usage du béton armé est tellement répandu maintenant qu'un grand nombre de Collègues auront certainement l'occasion d'avoir recours à son étude.

M. M. Dibos a la parole pour une communication sur *la Dispersion artificielle du brouillard.*

M. Dibos examine la technique de la formation des brumes et brouillard et analyse les théories du Professeur écossais Aïtken :

Se référant aux remarquables études de M. le Professeur Gautier sur les compositions de l'air atmosphérique et se reportant à ses propres expériences, le conférencier conclut que les théories d'Aïtken semblent prépondérantes.

M. Dibos ayant constaté que les minuscules vésicules aqueuses formant le brouillard sont en équilibre instable dans l'air, a pensé qu'au moyen d'un choc mécanique : air chaud ou ondes électriques, on parviendrait à faire chuter ces vésicules sur un périmètre donné et créerait ainsi une zone d'éclaircie variable en dimensions, suivant les saturations de la brume, plus ou moins réfractaire à la dispersion de par sa composition même : présence de poussières, de corps, etc., dans les vésicules aqueuses en suspension.

En 1899, M. Dibos fit avec succès ses premiers essais en mer de dispersion de brouillard par l'air comprimé réchauffé. Pensant ensuite obtenir des résultats meilleurs, le conférencier indique qu'en 1904 il

Digitized by Google

commença ses premières tentatives de dispersion par les ondes électriques émises dans certaines conditions. Les éclaircies ainsi créées furent de 120 m de diamètre; l'antenne-râteau était placée à 25 m au-dessus du sol et sur le toit de la villa « Excelsior », à Wimereux-Plage (Pas-de-Calais). Entre temps, Sir Oliver Lodge obtenait des résultats à peu près identiques sur le toit de l'Université de Birmingham et par l'émission d'ondes électriques. Sans se connaître, les opérateurs français et anglais avaient obtenu la même heureuse solution.

M. Dibos continue ses tentatives et espère que, dans l'avenir, les zones d'éclaircie gagneront en étendue, mais il ne faut pas se dissimuler que les hydrométéores sont capricieux.

Ces expériences viennent à l'appui des phénomènes d'ionisation.

La Compagnie des chemins de fer du Nord s'intéresse vivement à ces essais et a installé des postes pour expériences diverses.

M. Chaudy demande à M. Dibos si le phénomène suivant ne serait pas dû aux effluves d'air chaud que dégage Paris au-dessus de lui : par les temps de fort brouillard, il est manifeste que l'intensité de celui-ci est moins grande dans Paris que dans les régions situées en dehors des fortifications, entre celles-ci et la Plaine Saint-Denis. Si on prend, par un temps semblable, le train-tramway de Saint-Denis, qui va assez lentement pour permettre une bonne observation, on est frappé par ce fait que le brouillard est d'une bien plus grande intensité dans la gare de la Plaine Saint-Denis que dans celle de Paris.

M. Dibos, répondant à M. Chaudy, dit que cela est dans le domaine des choses possibles : on est en train de faire des recherches sur ces différentes causes.

M. P. Besson, au sujet de la formation des brouillards sur Saint-Denis, rappelle qu'il a eu l'occasion de parler de la formation des ions par combustion des gaz. Il n'y a rien d'étonnant qu'au-dessus des usines il y ait une grande quantité de corpuscules mis en liberté et qu'autour de ces ions la condensation soit plus intense, parce que, s'il y a formation, pour une cause ou une autre, de centres déprimés dans l'atmosphère, il y a immédiatement, si les conditions de température sont changées, formation de brouillard. Il est donc très probable que la formation des brouillards est due à la condensation de vapeur d'eau autour de centres électrisés, soit d'ions. Ces ions sont de formations diverses, et il résulte notamment d'expériences faites l'an dernier au moment de l'éclipse solaire, que le soleil lui-même en produit une très grande quantité dans l'atmosphère terrestre.

M. Dibos a constaté que pour arriver à faire dans le brouillard une éclaircie de 65 m de rayon, il faut quarante minutes. Or, si l'on émet, par une pointe, des ions, il a été prouvé que l'émission de ces ions se produit avec une vitesse de 2 cm à 2,5 cm par seconde. Ces résultats sont concordants. Il semble donc que M. Dibos est arrivé à disperser le brouillard parce qu'il émet une grande quantité d'ions. Par suite, il est probable qu'en établissant un grand nombre de postes, formant comme une résille de stations autour de nos ports, par exemple, on arriverait à avoir des dispersions de brouillard sur plusieurs kilomètres.

Digitized by Google

M. le Président remercie M. Dibos de sa communication, qui a un intérêt tout particulier, puisqu'elle a un but humanitaire, et M. Besson des considérations qu'il a bien voulu y ajouter.

M. le Président, avant de donner la parole à M. Taupiat de Saint-Symeux pour sa communication, rappelle que la question à l'ordre du jour est celle des Autobus de Paris et que, pour éviter des discussions soit financières, soit commerciales, qui ne sont pas dans le rôle de la Société des Ingénieurs civils, le conférencier est prié de s'en tenir aux considérations purement techniques.

M. Taupiat de Saint-Symeux a la parole pour sa communication sur *les Autobus à Paris.*

M. Taupiat dit que le titre même sous lequel il a demandé à faire une communication à la Société indique bien que, dans sa pensée, il n'a jamais dû être question que des seuls autobus circulant actuellement à l'intérieur de l'enceinte fortifiée de Paris; ce sont les Autobus de la Compagnie générale des Omnibus de Paris.

Il rappelle succinctement les études de la Compagnie générale des Omnibus et les différents Concours qu'elle suivit pour l'étude de la transformation de la traction hippomobile en traction automobile.

I. — Les autobus sont tous montés sur châssis Brillié.

M. Taupiat donne une description du châssis P, du système Brillié, appliqué à ces autobus. Il en fait ressortir les particularités (moteur, allumage, graissage, embrayage métallique, changement de vitesses), en insistant tout particulièrement sur les dispositions de l'essieu arrière pour la transmission de mouvement aux roues motrices et pour le support du poids élevé de l'omnibus.

Toutes ces particularités se résument en robustesse, faible consommation, simplicité, accessibilité, indépendance absolue du châssis et de la caisse, faible entretien.

II. — M. Taupiat passe ensuite à l'examen de la carrosserie.

Il fait ressortir que l'emploi de voitures à seize places sans impériale eût rendu l'exploitation impossible par rémunération insuffisante. Ce principe posé, il fut décidé que les voyageurs d'impériale seraient protégés par un toit et par un masque à l'avant.

Il démontre que l'utilisation des dispositifs anglais, en particulier, est impossible à Paris où ils détermineraient des chocs avec les reverbères, les stores, les marquises, en blessant les voyageurs auxquels le masque d'avant retirerait toute visibilité. D'ailleurs, dans les voitures françaises, l'espace mis à la disposition de chaque voyageur est de 45 et 48 cm, tandis qu'à Londres il n'est que de 42 cm pour toutes les places.

L'éclairage est fait à l'acétylène, d'où une lumière plus vive et augmentation du nombre des lanternes.

Le chauffage s'étend sur toute la longueur de la voiture sans interruption et par le moyen très heureux des gaz d'échappement.

Pour ce qui est de la suspension, réputée défectueuse, M. Taupiat fait nettement ressortir que l'utilisation de ressorts à flexion limitée, mais suffisante, et de roues à blocs rendent seules l'exploitation automobile possible à Paris, vu les rues encombrées et à forte déclivité et l'état de

Digitized by Google

la voirie, conditions beaucoup plus défavorables que celles que l'on rencontre à Londres.

En résumé, les carrosseries sont neuves et marquent un réel progrès sur les anciennes carrosseries des voitures à chevaux.

III. — M. Taupiat examine ensuite la stabilité du matériel mis en service. Ainsi que le font ressortir les épures et les calculs, la stabilité du matériel français est notablement supérieure à celle du matériel anglais.

IV. — Le prix de l'essence, plus élevé à Paris qu'à Londres, rendait le problème plus dificile. La traction automobile pouvait être possible à Londres, impossible à Paris. Les industriels français l'ont quand même résolu en utilisant l'alcool carburé au benzol, qui coûte moins cher, avec de moindres frais d'octroi et qui présente moins de chances d'incendie. Suit la description détaillée du poste de chargement d'alcool.

V. — Après avoir examiné le matériel (châssis et caisse). ses conditions de stabilité et le combustible qu'il emploie, le conférencier parle du personnel qu'il nécessite. Grâce aux qualités du matériel industriel, on a pu utiliser le personnel de la Compagnie. Ce sont les anciens cochers qui sont devenus des cochers machinistes et qui, pour le bien de l'exploitation, ont apporté l'appoint de leur très grande habitude de la rue.

Le conférencier donne des détails sur la façon dont sont instruits ces machinistes et montre quel souci on a de la sécurité des voyageurs.

VI. — M. Taupiat en arrive à l'examen des chemins sur lesquels ce matériel et ce personnel doivent remplir leur service. Il compare les conditions de circulation à Londres et à Paris, et montre: 1° que le matériel londonien ne pourrait être utilisé dans Paris ; 2° que sans les roues à bloc et les ressorts à flexion limitée, l'exploitation automobile ne pourrait être assurée à Paris. Pour ce qui concerne l'état de la voirie, il cite l'opinion de M. Michel Lévy, Inspecteur général des Mines.

VII. — Après avoir rappelé les dates d'inauguration des différentes lignes en service et annoncé les dates prévues pour la transformation de quelques autres, certains renseignements statistiques sont énumérés : nombre de voitures en service, distances parcourues, nombre de courses, longueurs des itinéraires, etc.; un fait est rappelé et mis en lumière : la sortie des autobus le 26 décembre 1906, alors que tous les autres véhicules de transport restaient en panne par suite de la trop grande quantité de neige.

VIII. — Il est donné des renseignements sur l'organisation matérielle du service au Garage de la C. G. O ; sur la façon dont sont visitées régulièrement et entretenues toutes les voitures en service, sur la rapidité avec laquelle sont secourues les voitures en détresse.

IX. — Ce qui existe à l'étranger (Londres, Bruxelles, Berlin et en Espagne) est rapidement passé en revue.

X. — M. Taupiat donne des conclusions générales sur le prix de revient, sur l'entretien et la comparaison de la traction automobile avec la traction hippomobile, et termine en disant que, malgré les apparences en faveur de Londres pour la quantité, c'est encore la France qui tient le premier rang dans le matériel industriel automobile, grâce aux Autobus de Paris.

Digitized by Google

M. le Président signale, au sujet de ce que M. Taupiat de Saint-Symeux, a dit relativement aux modifications adoptées en vue d'atténuer l'effet des trépidations, (plates-formes d'arrière munies de planchers amortisseurs, banquettes d'intérieur et d'impériale munies de ressorts), qu'elles sont précisément décrites dans un rapport de M. Walckenaer, ingénieur des mines, adopté dans la séance du 15 février 1907, par une Commission nommée par le Conseil d'Hygiène et de Salubrité publiques du département de la Seine. Les modifications dont a parlé M. Taupiat ont donc un caractère général.

M. Mauclère dit que « toutes les modifications qui ont été apportées aux omnibus automobiles et ont été actuellement réalisées dans les voitures qui circuleront sur la ligné de la gare des Batignolles à la gare Montparnasse, ont été étudiées et proposées par la Compagnie des Omnibus à la Commision d'Hygiène, qui les a mises à l'épreuve sur des voitures où elles étaient réalisées, et qui a accepté les propositions de la Compagnie. Cela résulte bien du rapport de M. Walckenaer ».

M. le Président en conclut que ces mesures générales nouvelles tendent à faire espérer que nous aurons à l'avenir des Autobus soumis à des trépidations sensiblement moindres.

M. le Président dit qu'on peut s'associer en outre au vœu formulé par M. Taupiat en ce qui concerne l'amélioration des chaussées ; il est évident que c'est un des éléments indispensables du confort et de la sécurité des voyageurs.

Il serait prématuré de demander dès aujourd'hui des renseignements sur les frais d'entretien ; mais lorsque l'expérience aura duré suffisamment pour permettre de dégager des données certaines à ce point de vue il sera fort intéressant de revenir sur la question.

M. le Président remercie M. Taupiat de sa communication très documentée et très à l'ordre du jour.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. L. Morin, P. Lafarge, A. Poulet, Ed. Rambault de Barallon, J. Saconney, P. Lebrun, L. Fèvre, G. Génis, J. Prudhomme comme Sociétaires Titulaires.

MM. A.-E. Bellefille, H.-P.-A. Canart, E.-J.-A. Capitain-Gény, C.-J. Lelièvre, A. Schwartz, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires ;

MM. T. Timaksian et L.-L. Pezeril, comme Membres Sociétaires Assistants et

M. A. Meurer comme Membre Associé.

**La séance est levée à 11 heures et demie.**

*L'un des Secrétaires techniques,*

H. Dufresne.

Digitized by Google

# ACCIDENTS INOPINÉS

PAR

**M. Paul SÉE.**

---

Les Architectes et les Entrepreneurs sont exposés à trois sortes de déceptions en matière d'accidents :

1° Les erreurs d'étude ou d'exécution, constituant faute ou négligence ;

2° Les accidents forfuits (foudre, ouragan, inondations, etc.), constituant cas de force majeure ;

3° Les accidents que j'appellerai *inopinés*, qui ne rentrent dans aucune des catégories précédentes. Pour être moins fréquents que les autres, ils n'en sont que plus sournois et plus dangereux. Les erreurs peuvent être évitées avec de l'attention ; les accidents forfuits n'engagent pas la responsabilité de l'architecte ; mais il arrive parfois des accidents paradoxaux qui déjouent toute prévision et dont l'architecte est responsable, bien qu'il n'ait commis aucune faute. Ma carrière déjà longue m'a donné l'occasion d'en noter quelques exemples.

## I. — Effondrement d'un plancher d'usine.

Une usine a été construite dans l'est, il y a six ans. C'est un bâtiment à deux étages incombustible. Les planchers sont composés de poutrelles en acier de 140, écartées de 0,66, entre lesquelles est coulé un hourdis de mâchefer et ciment. Le dernier plancher formant toiture est recouvert d'une double couche d'asphalte étanche et portant 0,10 d'eau en permanence.

Cette couche d'asphalte n'a pas été bien faite, les solins contre les murs surtout ont laissé à désirer. On a eu fréquemment à réparer des fuites. Récemment, on a constaté un commencement d'effondrement du plancher. On en chercha la cause et on constata avec stupéfaction que la plupart des poutrelles du dernier plancher formant terrasse étaient complètement rongées par la rouille, à tel point que la rouille avait mangé toute l'épaisseur de l'âme.



Digitized by Google

Il fallut refaire entièrement le plancher et la couverture d'asphalte, qui mesure 2 800 $m^2$.

On rechercha ensuite les causes de cet extraordinaire accident. On constata que le mâchefer contenait du chlorure de sodium. Ce sel, non seulement avait été délayé par l'eau d'infiltration de la terrasse, mais, étant très hygrométrique, il pompait par en dessous l'humidité de la filature, dont l'atmosphère, comme on sait, doit être toujours maintenue dans un état hygrométrique de 0,80.

Personne ne pouvait prévoir que le mâchefer devait contenir du sel, ni penser aux conséquences de ce fait. Ce mâchefer avait été pris dans une saline voisine.

Il est assez curieux de constater que jamais auparavant on n'avait entendu parler d'un pareil accident, et cependant on emploie tous les jours le mâchefer pour les hourdis et la saline existe depuis plus de cinquante ans.

Il a fallu cette réunion de circonstances d'un hourdis terrasse formant réservoir d'eau dont l'asphalte n'était pas étanche.

Une des causes secondaires de la non-étanchéité des solins et de l'asphalte et, par conséquent, de la rapidité de la destruction des fers, c'est la rouille elle-même. L'âme des fers à I, en s'oxydant, a augmenté d'un millimètre d'épaisseur par le gonflement de la rouille. Or, il y a quatre-vingt poutrelles sur la largeur du bâtiment ; le plancher devait donc se dilater de 80 mm. J'ai constaté, en effet, que les murs portant ledit plancher ont été poussés exactement de 40 mm de chaque côté et les trumeaux, n'ayant pas d'élasticité, se sont cassés au milieu de leur hauteur.

Cette dilation considérable a donc eu pour conséquences de rompre l'asphalte et de décoller les solins des murs.

Donc, voici la marche du phénomène :

Premières fuites forfuites de l'asphalte, commencement de rouille des fers ; dilation des fers par la rouille, occasionnant des crevasses de plus en plus nombreuses dans l'asphalte ; fuites de plus en plus graves, hydratation progressive du mâchefer salé, rouille progressive du fer jusqu'à destruction complète.

Une chose intéressante à noter, c'est que les fers n'étaient pas recouverts de peinture. L'architecte, avec raison, avait interdit de les peindre, le béton de ciment se marie très bien avec le fer nu et le préserve parfaitement de la rouille. Dans les constructions en ciment armé, on se garde bien de peindre les fers, car le béton n'y adhère pas quand il est peint. Eh bien, si on avait

Digitized by Google

peint les fers, ils auraient très bien résisté dans l'espèce qui nous occupe.

On a constaté, en effet, que les chiffres peints sur les fers avec de la céruse n'ont pas été touchés par l'oxydation. Ces chiffres peints étaient restés intacts sur l'âme de la poutrelle, partout ailleurs transformée en oxyde de fer. Mais il ne faut pas en conclure que pour les hourdis de ciment il faille désormais peindre les fers. J'estime qu'avec des poutrelles peintes à l'huile le hourdis serait beaucoup moins bon, parce qu'il est important que l'adhérence du fer et du hourdis soit aussi intime que possible pour la solidité de l'ouvrage; cette intimité est surtout nécessaire dans les planchers industriels soumis à des vibrations.

Il est possible que, si on avait peint les fers avec un lait de ciment, comme je le fais habituellement pour les planchers hourdis, la rouille aurait été évitée.

Il est problable que la peinture au ciment aurait suffi pour empêcher le contact de l'eau salée avec le fer, cause de tout le mal. Je ne l'affirme pas, c'est une expérience à faire.

La rouille est un phénomène assez mal connu; on admet généralement qu'elle s'opère en deux actions successives :

1° La rouille prend naissance lorsque le fer se trouve en présence d'eau, d'oxygène et d'acide carbonique. Il se forme d'abord un carbonate ferreux qui met ensuite en liberté la rouille, qui est un sesquioxyde de fer hydraté;

2° Une fois commencée, la rouille se continue lorsque le fer est en présence de l'eau seule, la rouille et le fer forment un couple électrique qui électrolyse l'eau. Or, la présence des scories salines a pour effet d'accélérer beaucoup ces deux actions. L'eau de pluie pénétrant dans le béton par les fissures de l'asphalte est chargée d'un peu d'oxygène et d'acide carbonique. Mais, en outre, elle a rencontré dans le béton tous les sels de l'eau de mer : chlorures de sodium et de magnésium principalement. Là où il y a des chlorures, il y a presque toujours mise en liberté de trace d'acide chlorhydrique. Cet acide, bien plus énergique que l'acide carbonique, attaque le fer plus rapidement. C'est pour cette même raison que les fers s'attaquent très vite dans les teintureries, où l'air est chargé de vapeurs acides (acide sulfurique, chlorhydrique, etc.). La continuation de l'oxydation par électrolyse de l'eau est rendue très rapide par le fait que l'eau est chargée de chlorures qui la rendent bonne conductrice. L'eau pure est mauvaise conductrice; l'eau absolument

Digitized by Google

pure ne le serait probablement pas du tout. Une très faible addition de sels ou d'acides la rend conductrice : c'est ainsi que pour faire l'électrolyse de l'eau on y ajoute un peu d'acide sulfurique ou autre. Les chlorures ont un effet analogue.

On s'est trouvé, en définitive, dans le cas du fer exposé à l'eau de mer. On sait que le fer plongé dans l'eau de mer, ou simplement exposé à l'air saturé de la mer, se rouille très rapidement. Ainsi s'explique, autant qu'on peut l'expliquer, l'accident dont je viens de parler.

## II. — Corrosion rapide d'un réservoir de vapeur.

Un industriel de Lille possède une importante batterie de chaudières; de ces chaudières, la vapeur était conduite par des tuyaux de cuivre à collecteur, sécheur de vapeur, en tôle d'acier. Ce collecteur de vapeur se détériorait très rapidement. En quinze à vingt mois, il était mangé par la rouille. On avait dû le remplacer déjà plusieurs fois, tandis que les chaudières, qui fonctionnaient depuis plus de quinze ans, étaient parfaitement intactes. Ces corrosions extraordinaires étaient incompréhensibles.

En examinant la rouille qui se déposait au fond dudit collecteur, le Professeur Buisine, de la Faculté de Lille, y trouva une forte proportion de cuivre incorporé. Ce métal ne pouvait provenir que de la tuyauterie de vapeur établie entre les chaudières et le collecteur.

Quant au mécanisme par lequel ce cuivre était entraîné, il en trouva l'explication dans le fait suivant : la vapeur des chaudières peut contenir normalement, à l'état gazeux ou en dissolution dans l'eau entraînée, soit de l'ammoniaque, soit de l'acide chlorhydrique, provenant de la décomposition des matières organiques que peut contenir l'eau d'alimentation. Dans les deux cas, le cuivre passe en solution et de la tuyauterie pénètre dans le collecteur. Or, une solution de sel de cuivre au contact du fer est de suite décomposée :

1° Le cuivre se précipite à l'état métallique divisé ;

2° Le fer le remplace dans la solution.

Chaque parcelle de cuivre enlevée à la tuyauterie, en arrivant au collecteur, y provoque un affaiblissement dû au départ d'une quantité correspondante de fer.

En outre, le cuivre déposé sur le fer forme avec lui un couple

Digitized by Google

électrique décomposant lentement, mais sans arrêt, l'eau qui le baigne et en donnant de l'hydrogène inoffensif qui se dégage et de l'oxygène qui se fixe sur le fer et forme la rouille d'une manière continue; sous cette influence, la tôle se gonfle, s'effrite superficiellement et est mise hors d'usage en peu de temps.

Il faut donc éviter d'employer le cuivre pour les conduites de vapeur.

D'ailleurs, rien ne justifie l'emploi du cuivre pour cet usage, surtout depuis qu'on trouve dans le commerce des tubes en fer et en acier sans soudure, qui coûtent beaucoup moins cher, qui se dilatent moins, sont plus résistants à épaisseur égale et qui, à tous les points de vue, donnent plus de sécurité.

## III. — Effondrement d'une cheminée.

Une cheminée en brique de 25 m de hauteur et de 0,80 m de diamètre au sommet avait été construite sur un excellent fond d'argile légèrement sablonneuse. La base avait été très largement établie à tel point que le sol ne travaillait pas à 1 kg par centimètre carré. Il aurait pu être chargé de 2 kg et même 3 kg au besoin. Un beau jour, après six ans, cette cheminée s'est tout à coup inclinée de 2 m et menaçait de tomber sur les bâtiments voisins. On eut le temps, tout juste, d'en démolir quelques mètres au sommet pour abaisser le centre de gravité et éviter la chute immédiate. Cela fait, je fis une fouille pour voir ce qui s'était passé. A ma stupéfaction, il n'y avait plus de terre sous la cheminée, mais un trou de 3 m de hauteur sur à peu près toute la surface de la base.

Qu'était devenue cette matière, mesurant plus de 100 $m^3$? On se perdait en conjectures.

Le terrain où s'élevait l'usine était en pleine campagne : pas de cours d'eau, pas de fossés, terrain horizontal composé de 4 m environ d'argile sur un banc de craie d'une épaisseur indéfinie.

Je finis par demander s'il n'y avait pas un puits dans les environs; personne ne le savait. Je fis faire des recherches et on découvrit à environ 15 m de la cheminée un puits abandonné recouvert d'une pierre et de 1,50 m de terre végétale. Ce puits avait été creusé jadis pour faire des briques, il était maçonné sur les 4 mètres de la profondeur de l'argile et creusé à même ensuite dans la craie sur 10 ou 12 m de profondeur. Un examen attentif me fit découvrir, à la jonction de la maçonnerie et de la

Digitized by Google

eraie, un filet de sable qui coulait dans le puits : voilà l'explication. Il s'était établi, à 3 ou 4 m de profondeur, un tout petit courant d'eau souterrain entraînant dans le puits le sable de l'argile de la fondation de la cheminée.

Pourquoi est-ce justement la terre qui portait la cheminée qui a été affouillée, comme par la main de l'homme? Je n'ai jamais pu le comprendre et personne n'a pu me l'expliquer, mais le fait s'est produit.

Bien entendu, la cheminée a du être reconstruite en entier et, comme dans tous ces accidents inopinés, c'est l'architecte qui a payé les dégâts, et cependant aucune faute ne lui était imputable ! Quand vous faites une fouille pour une fondation, quand les sondages vous ont montré que vous êtes sur un terrain solide comme celui qui nous occupe, quand il n'y a à la ronde aucune cause apparente de perturbation, de déplacement ou d'affouillement, qui penserait à rechercher un vieux puits à 15 ou 20 m de distance ? puits recouvert de terre arable ? Les architectes et les Ingénieurs sont-ils assez payés pour la responsabilité de ces risques ?

## IV. — Effondrement d'une charpente en fer.

Toujours la rouille.

Les charpentes en fer sont généralement plus estimées, on pourrait dire plus nobles que les charpentes en bois ; neuf fois sur dix, quand un industriel désire un bâtiment solide et durable, il exige une charpente en fer, et cependant le bois, dans certains cas, est préférable ; il est presque toujours plus économique et souvent plus durable que le fer. Par exemple, dans les ateliers de teinturerie ou de blanchiment, ou des vapeurs acides baignent toute la construction, nous avons observé que la peinture est un préservatif sérieux, mais le malheur est que la peinture ne dure pas, qu'il faut la renouveler. Or, dans les charpentes en fer, il y a des parties inacessibles et, par conséquent, impossibles à entretenir de peinture : par exemple, les lattis des tuiles, les fers des hourdis, des plafonds, etc.

D'un autre côté, le fer est bon conducteur de la chaleur, il se couvre de buée, condensation des vapeurs des salles ; ce dépôt est pernicieux. Quand les fers composant les charpentes sont de faibles épaisseurs ou de profils minces, ce qui arrive quand on veut faire des travaux économiques pouvant lutter comme

Digitized by Google

prix avec le bois, alors leur durée est particulièrement écourtée. Quand les cornières des lattis ont 2,5 mm d'épaisseur, 1 mm de rouille les réduit à 1,5 mm et c'est l'effondrement.

C'est ainsi qu'une charpente de fer pour teinturerie, parfaitement étudiée et construite avec soin, s'est effondrée après six ans.

Les profils étaient trop minces et la rouille les a rapidement énervés. Dans les ateliers où les charpentes sont exposées aux vapeurs d'eau, aux buées plus ou moins acides, le ciment armé s'impose ou à défaut le bois, qui, toutes choses égales, dure plus longtemps que le fer. Avec le bois, il n'y a à craindre aucun des phénomènes électro chimiques dont je viens de parler, pas de condensation, pas de rouille.

## V. — **Affaissement d'un bâtiment construit à flanc de coteau.**

Dans une étroite vallée en Espagne, au pied des Pyrénées, sur un terrain incliné d'environ 20 0/0, on avait construit à mi-côte un bâtiment pour filature d'un étage sur rez-de-chaussée ; construction incombustible, de 40 m sur 20 m. Le bâtiment était situé à environ 60 m de la rivière. Dès le début, le bâtiment commença à s'affaisser dans le milieu de sa longueur sur environ 20 m, les deux extrémités restant fixes.

L'architecte pensa que le milieu du bâtiment n'était pas à bon fond ; il reprit en sous-œuvre les murs et les bases de colonnes et par gradins. La fondation atteignit ainsi 10 m de profondeur à certains endroits.

Le résultat fut désastreux, l'affaissement de la partie rempiétée ne fit qu'augmenter.

C'est alors que je fus appelé.

Par quelques sondages je me rendis compte que le sol était partout de même nature, sur toute la longueur du bâtiment et à toutes profondeurs. C'est du gravier grossier, assez ferme, et pouvant parfaitement porter 1,500 kg par centimètre carré. Les fondations étaient largement suffisantes et je ne voyais aucune raison pour que le milieu s'affaissât plutôt que le reste. En continuant mes recherches, je finis par m'apercevoir qu'au droit de la partie affaissée sur environ 5 m de largeur des filets d'eau bourbeuse sortaient de la berge et coulaient dans la rivière a quelques mètres au-dessus du niveau de l'eau. Il y

Digitized by Google

avait donc là un cours d'eau souterrain qui affouillait le sol sous le milieu du bâtiment; ce cours d'eau était à environ 20 m du sol. Il n'y avait dès lors aucun remède. Je fis démolir le bâtiment, et le remplaçai par un rez-de-chaussée léger. Sur la largeur du cours d'eau souterrain je jetai un pont en ciment armé, appuyé à ses deux extrémités sur la partie ferme du terrain. Depuis lors, rien n'a plus bougé. On avait dépensé plus de 100000 f inutilement.

## VI. — **Effondrement d'une toiture.**

En 1898, je construisais l'Usine à gaz de Constantinople (Yédikoulé). La halle aux fours de 100 m de long sur 30 m de portée était couverte par une charpente mixte. Fermes polonceau, couverture en zinc sur voliges.

La charpente était entièrement posée, une quinzaine d'ouvriers achevaient le voligeage et la zinguerie. Tout à coup la toiture s'effondra en entier tuant cinq ouvriers et en blessant huit.

Arrivé sur le lieu du désastre, je m'aperçus que les tirants étaient tous cassés près de la dame. En examinant la cassure, je constatai que la soudure de la dame sur le tirant n'était faite que sur environ 1 mm tout autour. Tandis que le centre n'était pas soudé du tout.

Le forgeron avait, comme on dit, fait suer la surface du fer et avec quelques coups de marteau avait soudé une pellicule, mais le cœur n'était pas soudé du tout (1).

Or, il était impossible de voir avant montage si les tirants étaient soudés à fond ou non ; il eût fallu les essayer tous à la traction. Est-ce pratique? Les cahiers des charges imposent-ils une si onéreuse expérience? Même aux ateliers, combien de constructeurs sont organisés pour de pareils essais? On exige bien des essais de résistance et d'allongement sur les échantillons prélevés sur les fers livrés; mais les soudures, où les vérifiera-t-on? Dans l'espèce, cela était d'autant plus difficile que les dames avaient été commandées chez un spécialiste des Ardennes, le constructeur lillois les avait alors soudées sur les tirants de 15 m de longueur. Il y avait donc deux soudures, la première faite par l'Ardennais, d'un bout de fer rond de 0,25 m

(1) La même cause a occasionné récemment l'effondrement de la halle de Charing Cross à Londres (voir le *Génie Civil* 1906).

Digitized by Google

sur la dame, et la seconde, par le Lillois, de la tige de 0,25 m sur le tirant proprement dit.

Ces dernières soudures étaient parfaites; ce sont celles de l'Ardennais qui ne l'étaient pas. Ce danger est peut-être la cause de la défaveur où est tombée la ferme polonceau où tout repose sur une soudure. Si, sur les vingt tirants, comportant quatre-vingt soudures, une seule est manquée, tout l'édifice s'écroule infailliblement. La rupture d'un seul nœud amène le flanchement de toutes les fermes et une fois hors du plan vertical les fermes en général, et surtout les polonceaux, n'offrent plus aucune résistance.

Les fermes assemblées et rivées composées de fer profilés ne sont pas aussi dangereuses, n'ayant pas de soudures.

Quelle conclusion tirer de ces quelques exemples? La loi et la jurisprudence sont évidemment trop dures pour l'architecte et l'Ingénieur. Il est irresponsable des accidents fortuits, pourquoi est-il responsable des accidents inopinés? pourquoi, quand on ne peut incriminer personne, condamner le seul architecte?

Il y a là un abus à réformer.

Quand il est prouvé qu'il n'y a aucune faute à reprocher à l'architecte et qu'il est avéré que personne ne pouvait prévoir l'accident, il y a lieu, selon moi, d'appliquer l'adage de droit romain: « la chose périt pour le compte de son propriétaire ». A défaut de preuve que l'accident provient d'une faute de l'architecte, c'est le propriétaire qui doit payer, comme cela se passe pour les accidents fortuits. La tâche de l'architecte est déjà assez pénible et ses responsabilités assez lourdes pour ne pas les exagérer encore par une législation barbare. Il faut assimiler les accidents inopinés aux accidents fortuits.

---

Digitized by Google

# LE BÉTON ARMÉ EN ESPAGNE

PAR

M. J.-E. RIBERA

---

L'exécution rapide du pont en béton armé de Saint-Sébastien, puis la catastrophe du réservoir de Madrid et enfin le succès du siphon du Sosa, l'un des plus grands tubes du monde à ce jour, ont appelé l'attention des Ingénieurs sur les travaux importants en béton armé qui s'exécutent en Espagne.

Aussi nous croyons que nos collègues de la Société des Ingénieurs Civils de France liront avec intérêt les quelques explications qui suivent et qui leur donneront le résumé de l'état actuel de la question en Espagne.

En 1897, séduit par les avantages que paraissait présenter ce nouveau système de construction, nous fîmes, pour notre édification personnelle, quelques expériences de résistance, qui confirmèrent nos idées sur le parti qu'on pouvait tirer de cette alliance du fer et de l'acier dont la simultanéité d'efforts paraissait, au premier abord, assez étrange.

Nous entrâmes donc dans cette nouvelle voie avec confiance et, grâce à nos efforts persévérants et au succès qui accompagna nos travaux, ce système de construction s'acclimata peu à peu en Espagne.

Le nombre de travaux de ce genre que nous avons exécutés à ce jour se résume ainsi :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 39 | réservoirs et conduites pour une valeur de | | 4103000 | pesetas. |
| 66 | ponts et aqueducs | — | 1762000 | — |
| 46 | fabriques | — | 1149000 | — |
| 45 | édifices | — | 886000 | — |
| 196 | travaux | — | 7900000 | pesetas. |

Il est utile de faire remarquer que le service des Ponts et Chaussées en Espagne a été un de ceux qui ont le plus contribué

Digitized by Google

à l'essor du béton armé en acceptant, presque de suite, pour les travaux de l'État, ce système de construction.

C'est ainsi que nous avons pu effectuer un très grand nombre de travaux publics dont nous ne décrirons ici que les plus intéressants.

## I. — Ponts en béton armé.

### Pont de Golbardo (Santander)

La figure 1 *(pl. 135)*, donne une idée exacte de cet ouvrage, construit en 1902.

Il est destiné à un chemin vicinal, car il n'a que 4 m de largeur entre garde-corps.

Son aspect général est celui d'un pont en fer d'arc inférieur, et il en a presque la mobilité, au passage des chariots.

L'arc est constitué par deux nervures en béton de $0,50 \times 0,50$ m; de 30 m de portée et 3 m de flèche, dont l'armature se compose, pour chacune d'elles, de deux poutrelles en acier double T, type courant de $200 \times 90 \times 11,3 \times 7,5$ qui pèsent 26,2 kg par mètre. Ces poutrelles, auxquelles on donna à chaud la courbure de l'arc, sont unies bout à bout par des couvre-joints de $500 \times 200$ avec six boulons.

Ces arcs sont simplement encastrés sur le rocher d'un côté et sur la culée à l'autre rive, par un appui sur tôle noyée dans du béton. Pour éviter que le béton ne se sépare des poutrelles en fer, celles-ci sont enveloppées par un tissu métallique en fil de fer.

Sur les arcs s'appuient les piliers de $15 \times 20$ cm et sur ceux-ci l'on établit le plancher du pont formé par des poutres coïncidant avec les piliers et un hourdis de 8 cm d'épaisseur.

Notre but, en imaginant cette disposition, était de réduire autant que possible la dépense des cintres, et c'est ce qui eu lieu en effet, car il suffit d'un très léger échafaudage pour monter les poutrelles en fer, auxquelles furent suspendus les coffrages en bois servant à monter le remplissage en béton.

Mais cette disposition, quoique très économique, exige une main-d'œuvre extraordinairement soignée, et surtout présente une trop grande élasticité, ce qui est désagréable pour les piétons et peut même déterminer avec le temps des fissures, sinon dangereuses, du moins à éviter.

Digitized by Google

PONT DE MARIA CRISTINA A SAINT-SÉBASTIEN

C'est pourquoi lors du concours international qui s'ouvrit pour le projet et l'exécution du pont de Saint-Sébastien, nous renonçâmes à employer la disposition du pont de Golbardo et, ainsi que le fait voir la photographie *(fig. 2. pl. 135)*, nous adoptâmes un système qui présente l'apparence de la pierre.

Notre projet l'emporta et les travaux nous furent adjugés pour un prix forfaitaire de 660000 pesetas, qui comprenait les fondations et quatre obélisques.

*Disposition générale.* — Le pont se compose de trois arches de 24 m de portée, avec un surhaussement de 1/12.

Sa largeur est de 20 mètres, dont une chaussée asphaltée de 12 m et deux trottoirs de 4 m.

Sauf les avant-becs des piles et culées qui sont en pierre calcaire, tout le reste du pont, ainsi que les obélisques, a été exécuté avec des pierres et marbres artificiels dans les parements et du remplissage de béton à l'intérieur. C'est même un des détails caractéristiques de cet ouvrage, qui a le plus frappé l'éminent Inspecteur des Ponts et Chaussées, M. Considère, qui honora ces travaux de sa visite. Il n'a été employé bien entendu que du ciment Portland artificiel, de fabrication espagnole, d'excellente qualité.

Les voûtes en béton ont une épaisseur de 0,60 m à la clef, de 0,70 m aux appuis sur toute la largeur du pont. Elles portent treize fermes en acier, qui sont de véritables poutres à treillis, dont la résistance est suffisante pour supporter le poids mort du pont.

Sur ces voûtes et au droit des fermes en fer s'appuient des cloisons longitudinales en béton armé de 0,20 m qui à leur tour supportent le plancher également en béton armé.

Cette disposition, que nous n'avons vue employée dans aucun pont, donne aux arches et au tablier une rigidité aussi complète que si le pont était entièrement en maçonnerie et cependa l'élégissement de l'ouvrage et par conséquent la réduction son poids mort est très supérieur à celui que l'on peut obten dans les ponts en pierre les plus ajourés.

Évidemment, on aurait pu réduire le volume de béton et l poids des fers employés, mais cela n'aurait pas donné une éc

Digitized by Google

nomie sensible, car la main-d'œuvre augmente alors dans des proportions énormes. En revanche, une plus grande masse, non seulement augmente le coefficient de sécurité, mais surtout assure la rigidité du pont au passage des plus lourds chariots, ainsi que les épreuves l'on démontré.

*Fondations.* — Ce pont est établi sur le lit sablonneux de la rivière. La fondation consiste en pieux en ciment armé de 25 × 25 cm et 5 m de longueur, battus avec un mouton à vapeur de 1200 kg, mais comme le béton des pieux était un peu tendre, il fallut aider le battage par injection d'eau, procédé qui permit de foncer jusqu'à trente-six pieux dans deux marées.

Avant de procéder au battage des pieux, l'emplacement des piles et culées avait été dragué jusqu'à 1 m de profondeur, ce qui permit de placer un caisson sans fond, en bois. Une fois les cent pieux d'une pile mis en place, leurs têtes émergeant de 0,50 du fond de l'excavation, on remplit le caisson avec du béton immergé jusqu'à 0,20 m au-dessous de l'étiage. Dessus se place la première assise de pierre artificielle.

*Rapidité des travaux.* — Les travaux furent menés avec une rapidité exceptionnelle. Le 4 juin 1904, on fonçait le premier pieu. Le 15 août, les fondations des deux culées et les deux piles (qui ont une largeur de 25 m × 5 m) étaient terminées, et en même temps la construction de la première arche du pont était commencée.

Un mois après, les trois voûtes étaient construites et le 14 octobre, c'est-à-dire *quatre mois* après le commencement des travaux, le pont proprement dit était terminé.

Pendant le mois de novembre, nous terminâmes les obélisques, balustrades, candélabres et les derniers détails purement décoratifs, ce qui permit de commencer les épreuves du pont le 19 décembre et sa réception eut lieu le 21 du même mois, *juste un an après la mise au concours des projets.* Les quantités de matériaux mis en place en moins de six mois ont été :

| | | |
|---|---|---|
| Béton armé et en masse . . . . . . . . | 4751 | m³ |
| Maçonnerie hydraulique de remplissage . | 3318 | — |
| Pierre de taille artificielle en 7236 pièces | 986 | — |
| Fers en armatures. . . . . . . . . . . | 93000 | kg |
| Fontes en balustrades et candélabres . . | 23000 | — |

Digitized by Google

Il faut ajouter, pour se rendre compte des difficultés qu'il y a eu à vaincre, que le fleuve Urumea, en cet endroit, est tout près de son embouchure et que, par conséquent, les marées s'y font sentir presque comme en pleine mer, circonstance qui a beaucoup gêné la rapidité des fondations.

*Prix de revient.* — Mais si, en ce qui concerne la rapidité d'exécution, ce pont paraît digne d'être cité, son prix de revient n'est pas moins curieux.

Comme nous l'avons dit, il fut entrepris pour un prix forfaitaire ainsi composé :

| | | |
|---|---|---|
| Fondations . . . . . . . . . . . . . | 120185 | pesetas. |
| Démolition et murs d'accès . . . . . | 56996 | — |
| Pont proprement dit. . . . . . . . . | 298541 | — |
| Quatre obélisques . . . . . . . . . . | 96770 | — |
| Balustrades, candélabres, asphalte . | 87224 | — |
| | 659716 | pesetas. |

Il s'agit d'un ouvrage de 100 m × 20 m = 2 000 m², et le pont proprement dit a donc coûté 150 pesetas par mètre carré, chiffre très réduit et inférieur sûrement au prix d'un pont en fer d'égale résistance.

*Épreuves du pont.* — Elles ont été particulièrement dures. Les clefs de voûte n'ont baissé que de 5 mm pour la surcharge statique d'une arche, à 500 kg par mètre carré, laissée pendant vingt-quatre heures.

Les épreuves dynamiques faites au moyen de quatre files de chariots, de cylindres compresseurs de 15 t, de tramways électriques chargés de rails, avec un poids total de 223 t, circulant avec des vitesses variables, n'ont produit qu'une flèche maxima de 1,2 mm. Aucune vibration ne s'est fait sentir pendant le passage de tous ces trains à une vitesse de 15 km à l'heure, et l'impression ressentie par la nombreuse assistance d'Ingénieurs qui se trouvait sur le pont était celle que pouvait produire le pont en pierre le plus massif.

Ce résultat est évidemment dû à la grande masse de béton des voûtes, à la rigidité propre des armatures et à l'indiformabilité des cloisons longitudinales qui remplacent les tympans.

Digitized by Google

C'est donc un véritable pont en maçonnerie que l'on obtient ainsi, avec l'avantage de la suppression des joints, puisque, grâce aux armatures métalliques qui unissent tous les éléments de la construction, les trois voûtes et leurs appuis constituent un monolithe solidaire dans toutes ses parties.

Il faut enfin insister sur les avantages que présente l'emploi de la pierre artificielle.

Lorsqu'on fabrique ces pièces par la méthode allemande, avec des portlands de première qualité, en y laissant des crochets en fer qui s'enrobent dans le massif des bétons, l'on obtient une décoration très riche à peu de frais et des parements aussi durables que ceux de pierre naturelle, sans compter la rapidité d'exécution que permet l'emploi de ce matériel, puisque nous avons pu fabriquer 7 236 pierres en six mois, qui auraient exigé une armée de tailleurs de pierre, difficiles à réunir et encore plus difficiles à mener.

Il semble donc que les dispositions employées à Saint-Sébastien, presque toutes originales, sont particulièrement applicables aux ponts-voûtes et qu'elles permettent de substituer les ponts métalliques pour le même prix et avec tous les avantages des ponts en pierre.

### Pont-rail de Vitoria.

Ce pont-rail, représenté par la figure 3, planche 135, vient également d'être terminé.

Il est à la gare de Vitoria, sur le chemin de fer du Nord de l'Espagne et, par conséquent, destiné à des locomotives de 52 t.

Ce pont a une portée totale de 8,70 m et, comme la gare à cet endroit porte un grand nombre de voies, la dalle en béton armé, ainsi que les piliers qui la supportent, ont été calculés pour résister au passage des machines en un endroit quelconque.

## II. — Aqueducs en béton armé.

Autant que pour les ponts, le béton armé trouve de favorables applications dans la construction d'aqueducs.

Nous citerons quelques-uns de nos travaux, qui feront voir le parti que l'on peut tirer du nouveau système de construction.

Digitized by Google

### Aqueduc de l'Araxes (Tolosa).

S'agit-il, par exemple, de traverser une vallée avec peu de hauteur?

La solution la plus économique est celle qui a été employée pour l'aqueduc de l'Araxes, à Tolosa, pour un canal de 1500 l par seconde.

Les palées de cet aqueduc sont constituées par deux piliers de 19 m de hauteur et de 30 × 30 cm, avec fruit de 1/20.

La distance des palées est de 12 m et le caisson, qui a une hauteur totale de 1,40 m, donne une section utile de canal de 1 m sur 1 m.

Cela n'est pas beau comme esthétique, évidemment, et l'aspect de ce long caisson supporté par de grêles piliers suscite à première vue la critique des amateurs de proportions rationnelles, mais cela tient bien, ne coûte pas cher et résout le problème d'une façon simple, rapide et que nous croyons durable.

### Aqueduc de Faleva.

Pour le canal d'Aragon et Catalogne, nous avons construit d'autres aqueducs, du même type, mais de proportions différentes, dont nous donnons une vue : l'aqueduc de Faleva *(fig. 4, Pl. 135)*.

Celui-ci donne passage à 20 000 l par seconde et sa largeur libre est de 4 m pour une profondeur d'eau de 3 m.

Les palées, composées chacune de trois piliers de 25 × 25, sont à 3 m de distance.

### Aqueduc de Perera.

Lorsque la hauteur de la vallée est plus grande et que l'on veut donner à l'ouvrage un aspect plus harmonieux, c'est la disposition de l'aqueduc de Perera *(fig. 5, Pl. 135)* que l'on peut adopter.

Il en est de même pour le canal d'Aragon et Catalogne, et le projet en est dû à l'Ingénieur M. Lopez Sandino.

La partie inférieure de l'ouvrage est toute en béton de Portland; la caisse à eau est en béton armé du type courant.

Digitized by Google

AQUEDUC DEL CHORRO (MALAGA).

S'agit-il enfin de traverser une gorge profonde?

La solution de l'arc surbaissé s'impose et c'est ce que nous avons fait à l'aqueduc del Chorro *(fig. 6, Pl. 135)*.

Le canal devait traverser, à 100 m de hauteur, un ravin profond dont les parois se trouvent à pic et à 35 m de distance, percées sur les deux rives par deux tunnels en courbe.

L'on ne pouvait songer à lancer une travée en fer. Pour construire une arche en maçonnerie, il aurait fallu établir d'abord un cintre, sans appuis intermédiaires, dont l'exécution, sinon impossible, présentait tout au moins des difficultés extraordinaires.

M. Werner nous posa ce problème qui reçut, avec une dépense de 30 000 pesetas, la solution que représente la photographie ci-jointe.

Il s'agissait de construire une arche en béton armé, de 33,50 m de portée, *sans cintre*.

Au moyen de câbles et de mariniers, nous plaçâmes des armatures en fer, rigides, encastrées par leurs abouts dans le rocher. A ces armatures, calculées pour résister au poids mort de l'ouvrage, fut suspendu un coffrage en bois qui servit de moule pour le béton.

Une fois la voûte coulée, on établit dessus les cloisons transversales, qui servirent de tympans, et sur ces cloisons fut construit le caisson à eau, qui a une largeur de 2,50 m pour une hauteur d'eau de 2,30 m.

Ce travail fut exécuté en trois mois et il y a déjà trois ans que l'aqueduc fonctionne.

## III. — Siphon en béton armé des rios Sosa et Ribabona, à Monzon.

Le canal d'Aragon et Catalogne, destiné à l'arrosage de 100 000 ha, traverse les deux vallées successives des rios Sosa et Ribabona qui, avec une longueur de plus d'un kilomètre, présentent une dépression de plus de 30 m en certains endroits.

L'on décida de ne pas construire un aqueduc aussi long, qui aurait coûté plusieurs millions, et les études se portèrent sur la solution d'un siphon colossal, car il s'agissait de donner passage à un débit peu ordinaire de 35 000 l par seconde.



Digitized by Google

Le Gouvernement ouvrit un concours international, où le fer et le béton armé pouvaient entrer en lice.

Treize projets se présentèrent, dont plusieurs avec solution de tubes en tôle et les autres proposant des tuyaux en béton armé.

Après une minutieuse enquête, notre projet fut choisi et l'on nous adjugea en même temps l'exécution des travaux.

Dans les numéros de mars et juillet de la *Revista de Obras Publicas*, de Madrid, l'Inégnieur Mariano Luiña, qui dirigea la plus grande partie de ces travaux, en a publié un mémoire descriptif complet faisant ressortir les difficultés à vaincre, mais ici nous nous bornerons à résumer les données les plus intéressantes.

Le projet adopté consistait en somme en deux tuyaux de 3,80 m de diamètre intérieur, accolés par leur diamètre horizontal.

Ces tubes suivaient, en tranchée, et en une seule ligne droite, les pentes des deux vallées à traverser, ainsi que le fait voir le profil en long de la figure 1. Les pentes que l'on atteignait ainsi étaient de 15 0/0. Sur la rivière Sosa, les tubes s'appuyaient sur un pont entièrement en béton construit par l'administration et constitué par cinq arches elliptiques de 15 m et dix arches à rond point de 3 m.

Pour traverser la vallée du Ribabona, les tubes se posaient sur un pont oblique en maçonnerie de 4 m de portée.

Les tuyaux reposaient sur un lit en béton dont l'exécution est représentée figure 7, pl. 000; ce lit monte jusqu'au diamètre horizontal.

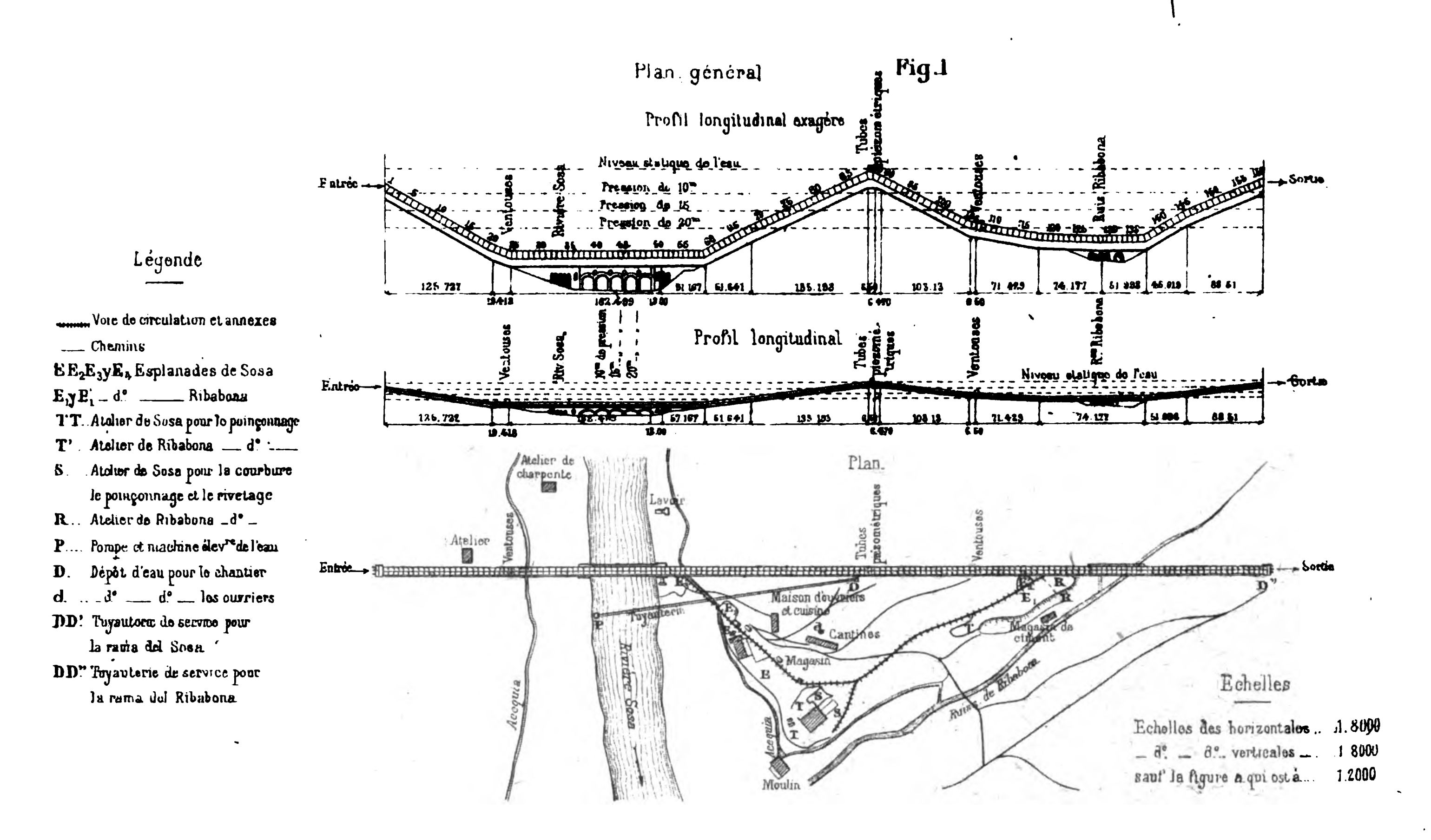
L'armature en fer des tuyaux était constituée :

1°. Par une tôle d'acier de 0,003 mm d'épaisseur à l'intérieur,

2°. Par une armature de fers à T dont la section variait de 30 × 30 × 4 à 45 × 45 × 6, et les distances de 0,20 m à 0,125 m, suivant les pressions auxquelles allaient être soumises les différentes parties. Ces fers à T, qui constituaient les directrices, étaient unis à leurs abouts par des brides rivetées. Pour maintenir en place ces fers, l'on plaçait des fers ronds de 0,008 m de diamètre, suivant les génératrices du cylindre, à 0,15 m de distance.

La résistance des tuyaux était calculée de façon que l'acier ne supportât pas un travail supérieur à 9 kg par millimètre carré. Cette armature était enrobée dans une couche de béton fin de

Digitized by Google




Digitized by Google

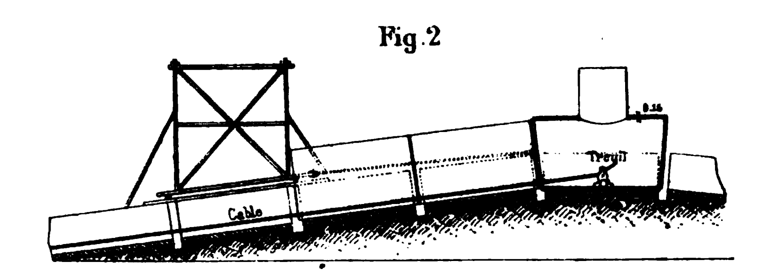
0,15 m d'épaisseur, dosé à 450 kg de ciment Portland artificiel pour 800 l de gravier, 400 l de sable et 280 l d'eau.

Pour éviter l'oxydation de la tôle intérieure, celle-ci devait être recouverte d'une chemise protectrice en ciment armé de 0,022 m d'épaisseur armée avec directrices sondes de 0,004 m à 0,10 m et génératrices de 0,004 m à 0,15 m.

Au centre du siphon et à son point culminant, deux tubes piézométriques assuraient la régularité du passage de l'eau. Quatre ventouses automatiques absorbent les bulles d'air et une série de tuyaux de 0,50 m de diamètre, avec vannes en fonte, assurent la décharge des tuyaux aux ponts bas.

Pour obtenir l'imperméabilité absolue, nous supposions dans notre projet que toutes les tôles seraient unies au moyen de la soudure autogène. Comme, en Espagne, il n'y avait pas alors d'usine fabriquant de l'oxygène, nous établîmes à grands frais, et à pied d'œuvre une fabrique complète d'oxygène et hydrogène par électrolyse. Mais malheureusement nous dûmes renoncer à ce procédé pour deux raisons : la première et la plus

Fig. 2




importante était que l'on n'obtenait pas avec la soudure une résistance uniforme ; les joints des tôles se fendillaient avec facilité aussitôt que l'on remuait ces immenses cylindres en tôle, et ces fissures, imperceptibles quelquefois, auraient pu amener la crevaison d'un tube, et la catastrophe conséquente à la décharge subite de 6 000 m³ d'eau. Puis, malgré tous nos efforts, malgré l'adjonction d'appareils de fabrication d'oxygène par le procédé de l'épurite, pour obtenir, avec mélange d'acétylène, le chalumeau soudant, nous n'arrivâmes pas à souder plus d'un tube par jour, lorsqu'il fallait en souder huit.

En vue de ces déboires, l'administration nous imposa le rivetage des tôles, quitte à ne pas obtenir une étanchéité absolue. Il nous fallut installer un immense chantier de chaudronnerie,

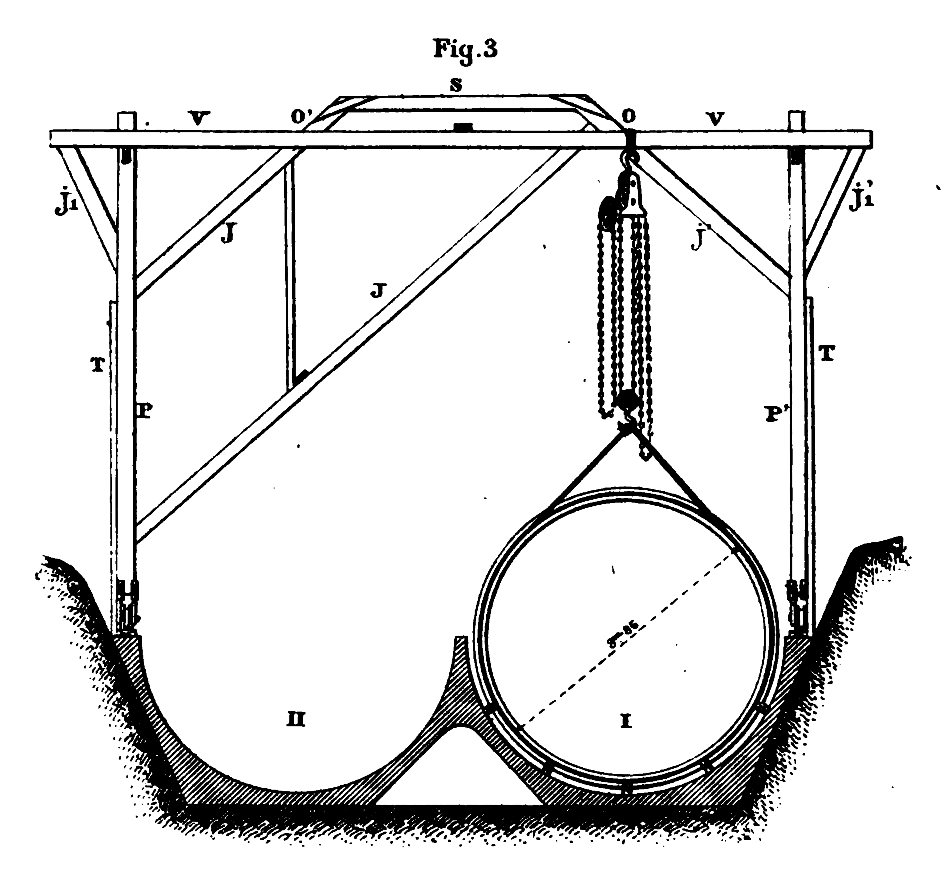
Digitized by Google

pour regagner le temps perdu dans nos essais de soudure aussi coûteux qu'infructueux.

Il s'agissait de river 300 tubes de 6,50 m de long et de 3,80 m de diamètre, portant chacun 2 760 rivets, c'est-à-dire un total de 828 000 rivets et cela en deux mois. Nous y parvînmes cependant.

Un autre problème difficile était le transport et la mise en place de ces immenses et encombrants tuyaux en tôle, renforcés par

Fig.3




leur double armature de fer à T et fers ronds, dont le poids atteignait 5 000 kg et qu'il fallait pousser sur des rampes de 15 0/0.

Nous y arrivâmes en plaçant des voies sur le lit en béton maigre, qui sert d'appui aux tuyaux et en tirant par des câbles et cabestans placés au sommet du siphon, ainsi que le font voir les figures 2 et 3.

Digitized by Google

Une fois le tube et son armature arrivés à leur emplacement, on les suspendait au moyen de deux palans différentiels amarrés à un chariot mobile en bois (fig. 3) dont les pieds-droits s'appuyaient sur les bords du lit en béton maigre. Une fois que l'on avait retiré la plate-forme porteuse du tube, les palans différentiels descendaient celui-ci à sa place définitive que l'on fixait au moyen de taquets en bois.

Le montage extérieur des tubes présenta aussi d'énormes difficultés et il fallut établir des mandrins intérieurs rigides pour éviter que le poids propre et celui du béton fluide n'ovalisât les tôles ; la partie supérieure des tuyaux se moulait au moyen de coquilles extérieures amovibles que l'on voit dans la figure 8, pl. 135.

Enfin, l'opération du montage des joints et surtout celle de la confection de la chemise intérieure en ciment armé, fut la source de nouvelles difficultés, exagérées par le manque de temps ; les armatures intérieures de cette chemise n'étant formées que par un quadrillage d'aciers ronds de 0,004 m, sans rigidité, l'application du mortier de Portland faisait fléchir ces armatures et séparait le revêtement de la tôle, ce que nous arrivâmes à éviter, après bien des tentatives, en mêlant du ciment rapide et en fixant l'armature à la tôle par des clous interposés dans les joints rivetés de cette tôle.

Comme nous l'avons déjà indiqué, la source principale des plus grandes difficultés provenait de la rapidité d'exécution que l'administration exigeait de nous, sous peine de résiliation, car, comme le siphon était la clef de tout le canal, où l'État avait déjà dépensé plus de 20 millions de pesetas et que l'on voulait à tout prix arroser les zones déjà préparées, il fallait terminer le plus vite possible.

En effet, la préparation de la construction avait duré plus que nous ne pensions et, pressé par le temps, ce fut en juin 1905 que nous nous décidâmes à modifier le système d'exécution adopté.

En quelques mois, improvisant un chantier au milieu du désert, recrutant 1 500 ouvriers dans les localités environnantes, M. l'Ingénieur Mariano Luina parvint, grâce à son habile direction, à tout terminer.

Le 30 octobre, le premier tube était terminé.

Le 20 novembre, le second tube était entièrement monté.

Le 15 décembre les chemises et joints des 300 tubes terminés et en disposition d'être mis en charge.

Digitized by Google

Dans un délai de quatre mois, nous exécutâmes 5000 $m^3$ de béton fin en montage.

L'acier employé en tôles et armatures est de 1 500 t et le ciment dépensé de 3 500 t.

Ces chiffres sont la plus éloquente démonstration de nos efforts, dont les échos parvinrent en haut lieu.

Aussi le Roi et le Ministre voulurent personnellement s'en rendre compte et assistèrent avec toute leur suite, à la mise en charge du siphon qui eut lieu le 2 mars 1906, avec le succès le plus complet.

Quelques suintements prévus et sans importance furent seuls observés et depuis lors le siphon fait passer toute l'eau nécessaire pour l'arrosage des terrains préparés.

Pour terminer la description de ce travail, le plus important dans son genre (1), croyons-nous, nous donnons le résumé des dépenses occasionnées :

| | | |
|---|---|---|
| Excavation et remblais. . . . . . . . | 80 048,30 | Pesetas. |
| Tubes de 3,80 m, mis en place. . . . . | 1 308 050,00 | — |
| Tubes de décharge et accessoires . . . | 15 865,25 | — |
| Enveloppes sur les ouvrages d'art . . . | 85 035,69 | — |
| TOTAL. . . . . | 1 488 999,94 | Pesetas. |

## IV. — Conclusions.

De tout ce qui précède il résulte qu'en Espagne, on n'a pas hésité à employer le ciment armé pour de très grands travaux, où l'emploi d'autres systèmes de construction aurait occasionné de très grandes dépenses.

Il peut être intéressant de terminer cet article, par les conclusions du septième Congrès des Chemins de fer, tenu à Washington, en mai 1905, auquel la question du béton armé a été soumise et qui, après une information très minutieuse et d'éloquentes conférences et discussions a adopté à l'unanimité les conclusions suivantes qui résument, mieux que nous ne pourrions le faire, l'opinion autorisée des grandes Compagnies de chemins de fer.

(1) Jusqu'à présent le record des tubes en béton armé était celui de Champ (Isère) qui a 3,30 m de diamètre, sur une longueur de 2 200 m en pente presque uniforme de 7 par 1 000 (mill.) pour pression maxima de 18 m. Ces chiffres sont loin du siphon de Monzon.

Digitized by Google

1° Le béton armé a reçu, dans les chemins de fer, des applications multiples et importantes. Au double point de vue technique et économique, il peut parfaitement soutenir avec succès la concurrence avec la maçonnerie et les constructions en bois ou en fer;

2° Les épreuves des constructions en béton armé, les recherches théoriques auxquelles la question a été soumise et les indicatious de la pratique permettent de conclure que les constructions de cette nature ne doivent inspirer aucune appréhension et que leur application est instamment recommandée aux administrations de chemins de fer;

3° La pratique des chemins de fer démontre que les constructions en béton armé, soigneusement établies, font un excellent service et ne demandent presque pas d'entretien. Pour ces raisons, l'emploi du béton armé doit être recommandé, même lorsque, par exception, la dépense de premier établissement est plus élevée que pour un autre système de construction;

4° Les constructions en béton armé sont surtout d'un grand secours dans les pays où les matériaux de grande dimension, pierre ou fer, sont difficiles à se procurer.

5° Le béton armé permet d'exécuter les travaux rapidement au moyen de matériaux de vente courante, en évitant ainsi la nécessité, onéreuse en pratique, de recourir à des commandes spéciales aux usines.

---

Digitized by Google

# GLISSEMENT DE TERRAIN

AU

# VIADUC DU GOR (ESPAGNE)

PAR

**M. Arsène PORTIER**

---

Un monolithe de 6000 t, qui, sous forme d'une culée de pont, se déplace depuis deux ans, entraîné par une masse de terrain en rupture d'équilibre, est un événement remarquable qui nous a suggéré la pensée d'en esquisser les faits les plus caractéristiques.

Ce n'est plus ici la perfide veine de sable qui, interposée entre deux couches d'argile, a servi de conduit à l'humectation perturbatrice.

Les causes, nous les avons longtemps cherchées et nous pouvons même ajouter qu'à leur recherche nous nous sommes égarés, croyant les avoir reconnues là où elles n'étaient qu'apparentes.

Aujourd'hui, après de longues et minutieuses observations, elles n'ont pu être définies avec toute la précision désirable, car on conçoit aisément ce qui peut subsister de conjectural dans un sol dont les profondeurs n'ont pu être explorées et dont on ignore l'état réel.

Néanmoins les opinions, quoique divergentes sur certains points, s'accordent à admettre que ces causes relèvent de la nature même des terrains plus ou moins éprouvée par l'action des eaux et des troubles extérieurs apportés par la main de l'homme dans l'équilibre général.

Au surplus, voici les faits; ils se sont produits au viaduc en construction sur le Rio Gor, à 19 km de Guadix, sur la ligne de Grenade à Murcie (Espagne) *(fig. 1, Pl. 136)*.

Cet ouvrage, d'une longueur de 230,08 m, haut de 28 m, est du type des ponts en cantilever à trois travées dont les deux extrêmes supportent une travée centrale de 39,88 m.

Piles et culées ont été fondées sur la marne compacte aux

Digitized by Google

différentes cotes de profondeur indiquées par le schéma annexé à la présente note *(fig. 5, Pl. 136)*.

Les fouilles de la culée dont il va être question, avaient été exécutées à sec pendant l'automne 1904 et, malgré la suspicion qui s'attache, non sans raison, aux terrains de formations récentes, les marnes de fond, par leur puissance, leur compacité et leur allure, avaient donné confiance aux Ingénieurs.

C'est donc en toute quiétude d'esprit que ces derniers achevaient la construction du viaduc, quand fut signalé un mouvement à la culée Murcie; les 0,30 m réservés aux effets de dilatation du tablier métallique étaient déjà perdus et la culée s'acheminait vers le Rio à l'allure de 8 à 10 mm par vingt-quatre heures, sans perte apparente du parallélisme de ses lignes *(fig. 1)*.

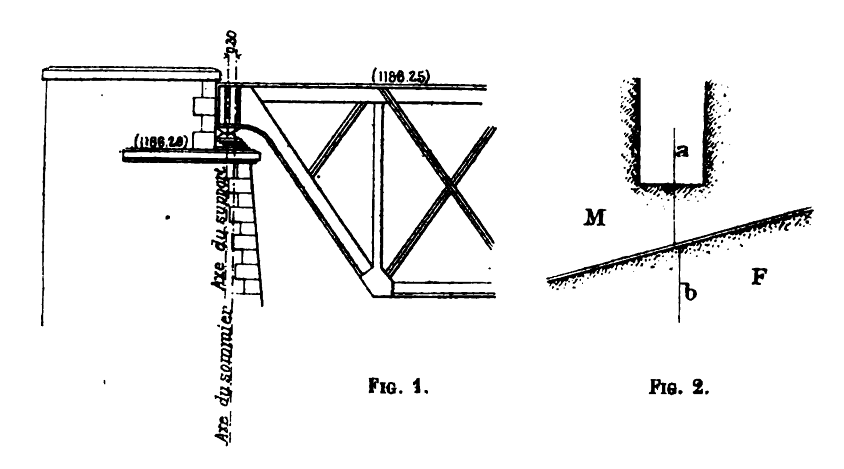



Fig. 1. Fig. 2.

Ce phénomène fut naturellement l'objet d'observations et de recherches : un sondage à grande section pratiqué en avant de la face antérieure des fondations jusqu'à 15 m de profondeur les facilita, révélant la présence immédiate de l'eau à l'état stagnant dans le massif de béton dont les défectuosités parurent évidentes; immédiatement au-dessous des fondations, le terrain très amolli avait perdu sa consistance, alors qu'à 1,50 m en contre-bas il la retrouvait entièrement. Au fond du sondage, une tige *ab* de plusieurs mètres de longueur, fixée et repérée dans la position verticale, devait, par sa rupture au point d'intersection des zones fixe et mobile FM *(fig. 2)*, indiquer le plan de glissement éventuel *mn*, mais aucune indication ne vint confirmer cette hypothèse.

Les conditions de stabilité de la culée dans la position exacte

Digitized by Google

qu'elle occupait lors de son mouvement furent examinées aux différents points de vue : renversement, glissement, écrasement et enfin pression sur le terrain. Elles furent reconnues satisfaisantes, sauf pour la pression sur le terrain dont le coefficient par centimètre carré a été donné de 5,590 kg, poids d'autant plus élevé que la surcharge due aux trains n'avait pas été comprise dans les calculs.

C'est alors que nous vint la pensée de figurer par une épure à grande échelle la position définitive de la culée par rapport à sa position initiale *(fig. 3)*.

La figure 3 donne une idée exacte du moyen qui fut employé dans ce but : de la travée métallique dressée de niveau, on descendit un fil à plomb FG; puis d'une barre fixée en K et repérée par rapport à FG, on descendit un fil à plomb jusqu'au fond du sondage. Il ne s'agit plus ensuite que de relever les ordonnées *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *j*, pour déterminer la position précise de la culée.

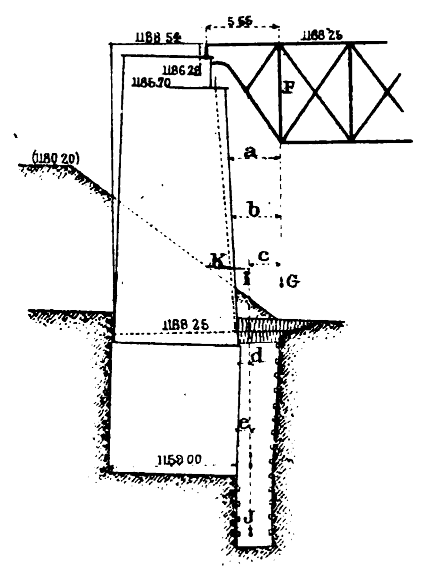



Fig. 3.

Cette épure parut démontrer que la culée, après s'être enfoncée de quelques centimètres sur sa face postérieure dans le sol de fondations devenu compressible par suite de la stagnation des eaux, s'était inclinée plus ou moins normalement dans la direction du Rio, donnant l'illusion d'un cheminement effectif.

Suivant les observations faites extérieurement, le déplacement total de la culée à la tête du viaduc, niveau des appuis, était à l'époque considérée de 0,70 m, valeur correspondant à celle qu'accusait elle-même l'épure.

C'est sur cette impression que la démolition de la culée fut décidée; elle eut lieu en janvier et février 1906 *(fig. 2, Pl. 136)*.

Dans le projet de reconstruction, les conditions statiques de la première culée furent remaniées et largement améliorées

Digitized by Google

dans le but d'obtenir une plus grande résistance à la poussée et, en même temps, un plus grand empattement sur le sol de fondations, réduisant ainsi à 3,500 kg par centimètre carré la charge sur le terrain qui était précédemment de 5,590 kg.

Cette pression minimum ainsi déterminée par les calculs, on se préoccupa de chercher le terrain *in situ* capable de résister à une pression deux fois plus grande. Nous pensâmes l'avoir rencontré à la cote de profondeur 1 157,22 sur la marne noire compacte qui, soumise à des épreuves répétées de douze heures de durée à la charge de 7 kg par centimètre carré, résista parfaitement sans accuser la moindre trace de compressibilité.

C'est sur ce terrain que furent établies les fondations qu'on exécuta en béton de ciment de Portland sur les quatre premiers mètres de hauteur et en béton de chaux hydraulique du Theil jusqu'au niveau du socle.

La reconstruction fut poussée énergiquement; commencée le 3 mars, elle devait être terminée le 10 juin, la date d'inauguration étant fixée au 1er juillet. Cette considération de date explique la précipitation avec laquelle était également poussé le remblai d'accès au viaduc alors même que les fondations n'étaient pas encore sorties des fouilles; la tête de décharge n'était plus qu'à 60 m en arrière du viaduc, alors que la culée s'élevait à la cote 1 180,29.

La reconstruction en était là, le 3 juin 1906, lorsqu'on s'aperçut que la culée cheminait à nouveau à l'allure déconcertante de 15 à 20 mm par vingt-quatre heures *(fig. 3 et 4, Pl. 136)*.

Les indices extérieurs d'un mouvement de terrain ne manquaient pas certes, car sous la pression du remblai, les terres se soulevaient en bourrelets, tandis qu'à 50 m latéralement, s'ouvraient, à l'amont et à l'aval, de profondes crevasses. Mais le même phénomène s'étant produit sur le versant opposé, culée Grenade, chacun avait pensé qu'il se limitait aux marnes, c'est-à-dire à 3 ou 4 m de profondeur et personne n'avait vu dans cette manifestation superficielle, un danger pour la culée.

En Espagne, le constructeur de chemin de fer a pour adversaire naturel le fossé d'irrigation vulgarisé dans toute la péninsule, pour amener sur les cultures l'eau des montagnes et d'au tant plus à redouter dans certains terrains, que ses apparences sont plus modestes.

C'est en effet à l'un de ces fossés rustiques, situé à 125 m en arrière du viaduc de Gor que, sous le poids du remblai, se pro

Digitized by Google

duisit un décollement du sol, point de départ de la rupture d'équilibre de la masse en mouvement *(fig. 4)*.

Ce décollement se manifesta par la dislocation successive de deux aqueducs construits sur le fossé et par un crevassement parallèle à ce fossé et en contre-bas. Les eaux filtrèrent aisément par ces crevasses et pénétrèrent en profondeur à la faveur des couches plus ou moins perméables qu'il n'est pas rare de rencontrer dans les marnes argileuses.

Au moyen de différents et profonds sondages, on rechercha par des observations journalières à déterminer les surfaces de glissement du terrain en mouvement. Ces observations, résumées en un diagramme à grande échelle ne donnèrent pas les renseignements précis qui en étaient attendus, le phénomène de contraction ou de dilatation particulier aux marnes, par suite de l'air qu'elles contiennent, les rendant difficiles et la mobilité des points de repère sur lesquels elles étaient basées, entraînant forcément l'inexactitude. Elles auraient néanmoins fourni quelques indications utiles si elles avaient été suivies plus longtemps; mais, commencées le 23 juin, on dut les interrompre le 3 août dans le puits principal, dont l'accès devenait dangereux par suite de l'état de décomposition du boisage.

Quoi qu'il en soit, on observa, dans ce puits notamment, que le mouvement paraissait limité, vers la cote 1153,77, à une sorte de clivage, et qu'il se manifestait par des pressions d'autant plus fortes et plus rapides qu'elles s'exerçaient vers la surface, c'est-à-dire de bas en haut. Au sondage II, on observa également une déformation se limitant, vers la cote 1175,00, à une brisure transversale à surface lisse ayant les apparences d'un plan de glissement.

La zone instable, reconnue en deux points, permit de déterminer avec quelque probabilité d'exactitude, l'allure d'un glissement prenant naissance à l'irrigation *(acequia)* passant successivement par les cotes 1175 et 1153,77 pour aboutir par soulèvement à la première pile, affectant la forme d'une cycloïde *(fig. 5, Pl. 136)*.

Par des tranchées ouvertes en *a* et en *b* *(fig. 4 et 5)* ayant pour but de reconnaître l'inclinaison de cette zone mobile, on constata que le décollement se produisait en profondeur sous un angle voisin de 45 degrés et on supposa qu'il se raccordait tangentiellement à la base en fond de bateau commune à la généralité des glissements *(fig. 5)*.

Digitized by Google

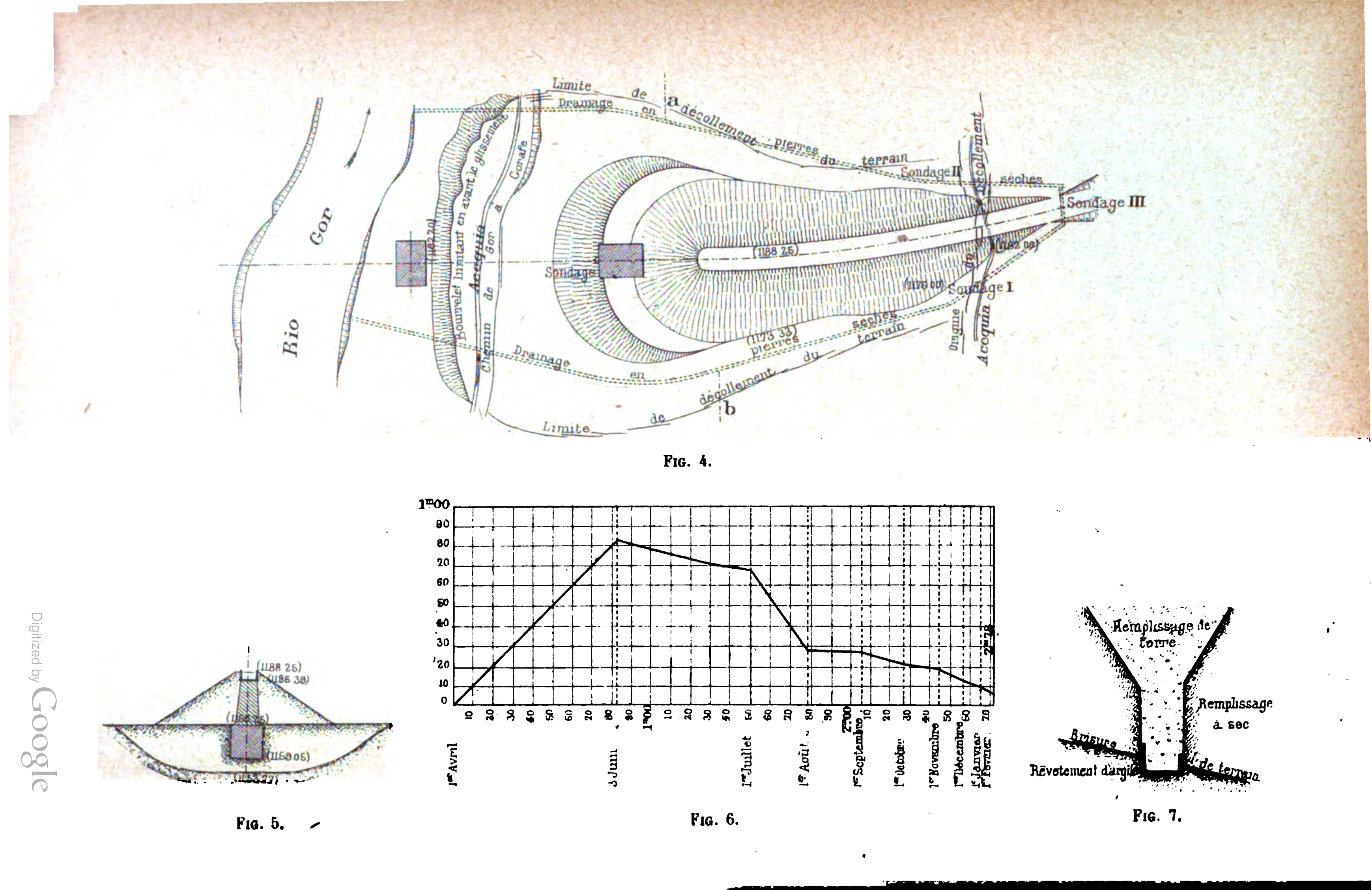



Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Digitized by Google

A l'extérieur, le déplacement de la culée était observé à l'aide de procédés différents, notamment par des visées tachéométriques et au moyen d'une réglette graduée fixée dans la maçonnerie à l'intersection du tablier métallique et du parement. Ces observations, qui se contrôlaient, donnèrent des appréciations également approchées, résumées mensuellement dans le graphique *(fig. 6)*.

Quant aux variations de la culée sur sa base, se traduisant par des différences dans le parallélisme de ses lignes, elles étaient relevées au fil à plomb. Enfin, par différents procédés, on voulut observer et mesurer la marche du terrain en surface, mais sans arriver au but cherché, grâce à l'imperfection de ces procédés.

Cependant qu'avaient lieu ces recherches et observations, on

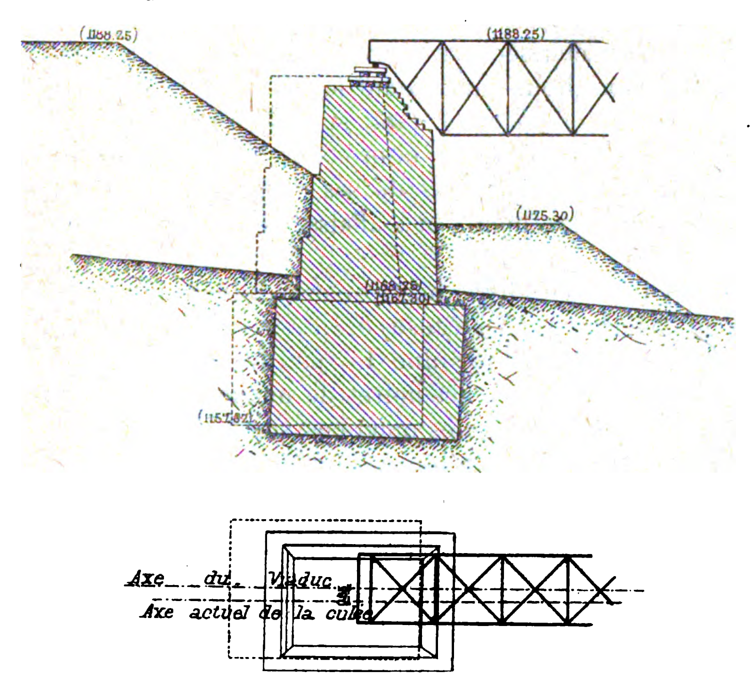



Fig. 8.

tenta d'enrayer le mouvement par des drainages et par chargement en quarts de cône autour de la culée. On établit dans la limite des emprises et à 8 m en moyenne de profondeur, deux drains circonscrivant le glissement dans le but de capter les eaux et de les évacuer vers le rio. Ces drains recoupant les brisures du terrain donnèrent des résultats négatifs, car, à peine

établis, ils canalisèrent les eaux vers l'intérieur du glissement, frayant la voie à de nouvelles liquéfactions des terres poreuses, en dépit des revêtements de glaise dont avaient été enduits les drainages aux points de recoupement des crevasses *(fig. 7)*.

A l'heure actuelle, par des manifestations de plus en plus lentes, la culée continue à glisser vers le rio, après s'être déplacée déjà de 2,78 m dans le sens longitudinal et de 0,95 m dans le sens latéral *(fig. 8)*.

Ce déplacement latéral devient surtout très inquiétant, car il fait prévoir qu'à bref délai la culée ne sera plus apte à soutenir le tablier métallique et cessera d'être utilisable, bien qu'au point de vue de sa construction elle soit demeurée intacte.

La géologie de la contrée est constituée par les formations jurassiques caractérisées par les roches calcaires de surface et les conglomérats argileux surmontant les lias.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur la vallée du Gor, large à cet endroit de 2 km environ, et profonde de 100 m, pour déduire des ondulations superficielles de ses versants, les effets séculaires de bouleversements et d'affaissements successifs des terrains anciens.

Laissant de côté les hypothèses et les considérations spécifiquement géologiques sur les causes originelles de ces éboulis, nous nous bornons à constater que les stratifications sous-jacentes représentées par les marnes noires de nuances souvent variées, sont de directions générales opposées sur les deux versants de la vallée, comme si une rupture s'y était produite là où coule le Rio et qu'un mouvement de bascule en avait relevé les extrémités *(fig. 9)*.

Ces marnes rencontrées à des profondeurs diverses, soit immédiatement en dessous de la couche arable, soit en dessous des terrains mélangés de transport, sont formées de stratifications compactes intercalées de lits friables d'argile à particules quartzeuses extrêmement fines. Entremêlées de lamelles gypseuses et d'anhydrites, elles se présentent par bancs superposés, disloqués, diversement inclinés, témoignant des profondes modifications consécutives à une rupture d'équilibre des formations primitives. Certaines couches disjointes se sont enfoncées, d'autres se sont relevées, créant des poches, des fissures bien marquées, qui peu à peu se sont comblées, cicatrisées, constituant autant de conduits poreux favorables à l'insinuation de l'eau.

Digitized by Google

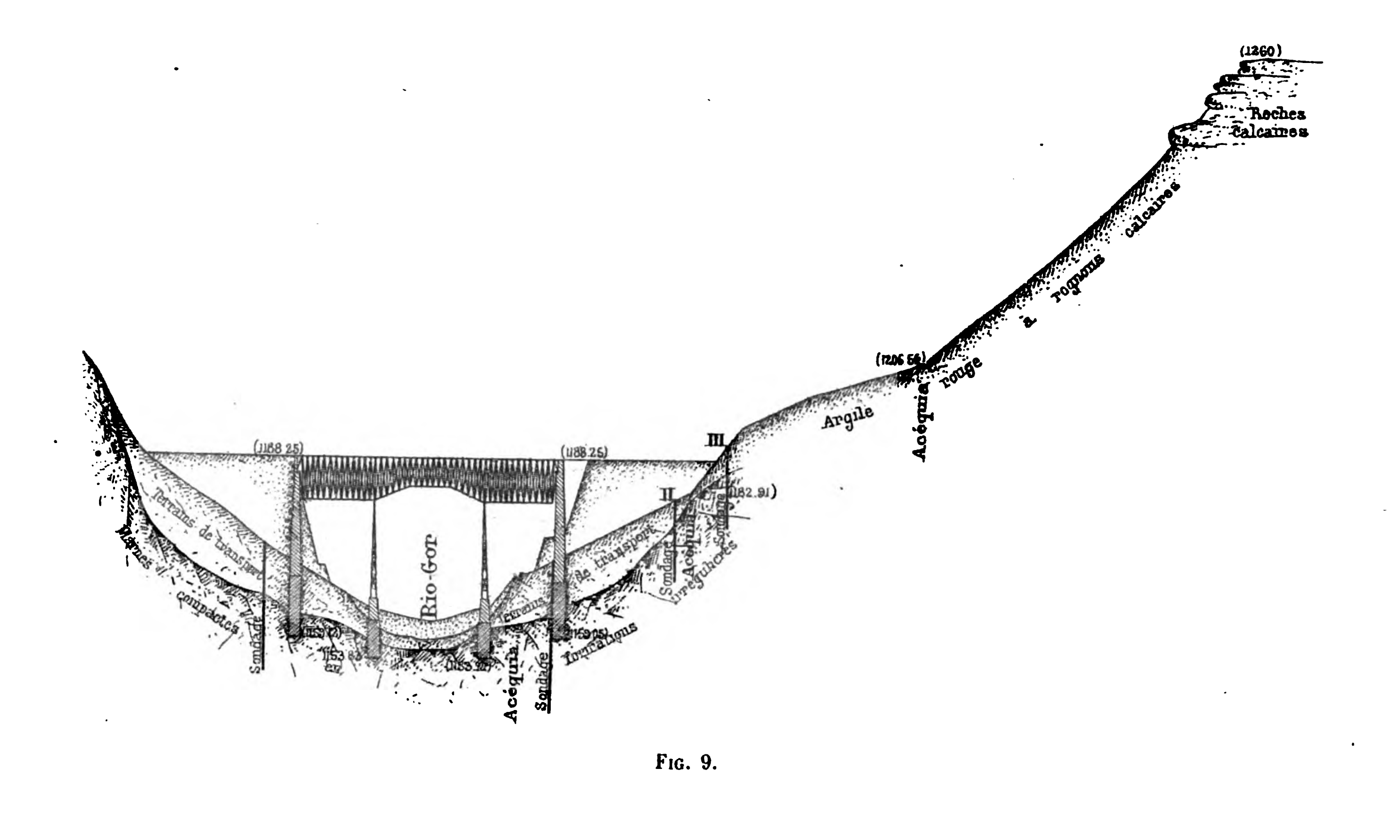



Fig. 9.



Digitized by Google

Vôilà tels sont les éboulis sur lesquels repose le viaduc du Gor.

Revenant au glissement, on devine maintenant ce qui a dû se produire dans ces terrains, qui, depuis les périodes géologiques auxquelles ils doivent leur relief actuel, avaient peut être joui d'une stabilité que n'avait menacé aucun péril et que les irrigations auraient elles-mêmes continué à respecter, si des circonstances étrangères n'étaient intervenues pour modifier leurs conditions naturelles.

On sait ce que sont ces fossés d'irrigation qui, étagés sur les flancs des vallées, déversent leurs eaux amenées souvent de très loin, pour féconder les terrains de culture; ils sont établis à même le sol et leur talus aval est uniquement formé par une butée de terre végétale à travers laquelle les eaux filtrent, s'imbibent, cherchant les directions de moindre résistance, pénètrent en profondeur, distribuent en tous sens leurs effets de liquéfaction, attaquant la composition chimique et minéralogique des terrains et de leurs stratifications.

Ce phénomène très ordinaire de capillarité, cause la plus fréquente des glissements de terrains en pente, ne pouvait avoir de conséquence là où le versant n'est qùe très faiblement incliné; mais survinrent les travaux de chemin de fer et leurs conséquences : accumulation énorme de matériaux en aval des points d'imbibition; ouverture des fouilles de fondations; enfin, construction simultanée des maçonneries et du remblai d'accès au viaduc.

Ce fut au cours de ces opérations et à la suite des surcharges et pressions qui en résultèrent, que se produisit dans le sol, immédiatement en dessous de l'irrigation, à l'intersection des conglomérats et des argiles, une déchirure suivie bientôt d'un affaissement déterminant une série de fissures, de conduits ouverts, de disjonctions d'éléments solides tout à fait favorables à la pénétration des eaux. Celles-ci confinées, emprisonnées, tendant à s'échapper, pénétrèrent davantage sous l'influence de la pression acquise et continuèrent leur œuvre néfaste de liquéfaction des surfaces conductrices, jusqu'au moment où se produisit la rupture d'adhérence qui détermina le glissement.

Telle est l'explication du phénomène survenu au Gor.

Une masse de terrain évaluée à 500000 t, détachée du massif général du fossé d'irrigation, se mit en mouvement vers le Rio, véhiculant remblai et culée dans un effort de poussée de l'amont

Digitized by Google

vers l'aval se décelant en surface par des ondulations, des valonnements à l'avancée et de larges et profondes crevasses latérales.

L'origine du mouvement remonte vraisemblablement à l'automne 1904 et correspond aux opérations de construction de la première culée, car dès juin 1905 une différence de 1,26 m alors inexplicable et qu'on imputa à une erreur de chaînage, fut observée en vérifiant l'implantation des pile et culée du versant Grenade, au niveau de leurs fondations. On constata, en effet, que ces deux éléments du viaduc, piquetés d'après le plan général de l'ouvrage, se trouvaient rapprochés de 1,26 m de la culée Murcie.

Le 3 juin 1905, le glissement avait donc parcouru au moins 1,26 m; depuis cette époque, il a continué à cheminer insensiblement, passant par des phases intermittentes de repos et d'affaissements partiels et lents suivant la plus ou moins grande adduction d'eau, la plus ou moins grande action lubrifiante des infiltrations sur le lit de glissement. Bref, les déplacements accumulés atteignent 4,04 m.

Il serait quelque peu osé de déterminer ce qui se passe en profondeur dans un sol uniquement composé d'éboulis et d'affirmer que la surface de glissement qui s'est formée dans le cahot des plissements et des failles, est bien celle que laissent supposer les quelques données relevées dans les sondages, si l'observation faite sur les piles n'avait prouvé d'une façon tangible que jusqu'à ce jour, celles-ci étaient demeurées étrangères à toute participation au mouvement de la culée.

Ce fait très précis tend à démontrer que la surface de glissement doit se rapprocher sensiblement de la forme cycloïde qui lui est attribuée et passer à très peu près par les points supposés, car s'il en était autrement, le mouvement aurait intéressé les piles.

Le cas de contrepente affectée par le glissement en affleurant à la pile, n'est pas unique d'ailleurs; il a été observé au Colorado notamment, que des pieds d'éboulis avaient gravi par simple impulsion dynamique des contre-pentes atteignant 45 degrés. Sans aller si loin chercher nos exemples, M. Cartault (octobre 1894, *Annales des Ponts et Chaussées*) a observé sur la ligne de Brunoy à Bois-le-Roi de simples éboulements de tranchées remontant des pentes de 10 0/0.

Cette particularité de la contre-pente dans le cas qui nous

Digitized by Google

occupe, explique que la culée du Gor se soit maintenue longtemps dans une horizontalité à peu près parfaite, toujours sans la moindre déformation apparente, et ne se soit enfoncée que d'une quantité minime par rapport à un déplacement longitudinal de 2,78 m.

A un tel état de chose, trouver le remède? telle est la question qui se pose !

Il n'est pas douteux que tout le mal vient de l'imbibition permanente du sous-sol produite par les infiltrations continues des irrigations; c'est un principe connu que tout terrain incliné ne se maintient dans cet état que par sa consistance propre et que toute liquéfaction profonde, générale ou partielle de ses parties tend à la longue à le rapprocher de l'horizontalité, dès que l'adhérence vient à lui manquer.

Le remède consisterait donc dans la suppression des causes d'infiltrations, c'est-à-dire des irrigations, ainsi que fut forcé de le faire le Canadian Pacific Railway, dont la ligne subissait des déplacements incessants par suite d'effets analogues (1).

A Gor, le mouvement de terrain, assez limité d'ailleurs, si on le compare aux prodigieux glissements du Colorado dont font mention les publications scientifiques, n'attaque point, comme dans l'Amérique du Nord, des intérêts vitaux d'ordre général, en sorte que telle solution, qui avait sa raison d'être là-bas, ne peut être envisagée raisonnablement dans une vallée dont la production agricole constitue, en partie, l'unique source d'existence de toute une population.

On pourrait, par des méthodes moins radicales, certes plus coûteuses et plus difficiles, combattre le mal avec quelque chance de succès, en rendant étanches dans un certain périmètre, toutes les irrigations alimentant de leurs eaux la zone du chemin de fer aux abords du viaduc, en pratiquant des drainages transversaux d'assèchement, établis de façon à éviter qu'ils ne se fragmentent et deviennent plus pernicieux qu'utiles et dont le but serait d'entraîner rapidement vers le rio les eaux captées.

Ces méthodes, appliquées fréquemment en divers pays, notamment au Colorado, à Manchester et dans l'Inde méridionale (2), ont généralement donné les résultats qui en étaient attendus. Au

(1) *The Great-Land-Slides on the Canadian Pacific Railway in British Columbia*, par M. Robert BREWSTER STANTON.

(2) *Éboulements de coteaux irrigués*, par M. Jules GAUDARD.

Digitized by Google

contraire, les drainages circonscrivant les éboulis à l'arrière, accumulant toutes les eaux sur un même point, tels qu'ils ont été établis au Gor, ont généralement pour effet, suivant le même auteur, de hâter les glissements des terres. « C'est, dit-il, préci-
» sément le moyen employé sur les grands bancs de l'île de
» Wigt, dans le but d'entraîner en bas de grandes masses de
» cette terre affectées à des destinations commerciales. »

Au Gor, l'application des mesures que nous indiquons amènerait la Compagnie du chemin de fer à se rendre propriétaire de la zone de terrain comprise entre le rio et l'irrigation supérieure sur une largeur de 400 m environ, dont 200 m à droite et à gauche de l'axe du viaduc ou de son prolongement. Maîtresse de cette zone, la Compagnie réussirait certainement à assurer l'étanchéité des irrigations et à supprimer radicalement les pénétrations d'eau provenant des arrosages.

Il n'est pas douteux qu'à l'abri de toute liquéfaction le terrain ne s'assèche et ne reprenne sa fixité et sa consistance primitives.

En attendant, et l'état de choses persistant, le mouvement continue et ne s'arrêtera qu'au terme de son évolution qui n'est autre que l'état de stabilité et d'équilibre.

Il est à remarquer que le mouvement s'est ralenti beaucoup, passant de 23 mm par vingt-quatre heures à 2 mm; peut-être cette décroissance indique-t-elle qu'il est au terme de cette évolution; nous l'espérons sans y compter beaucoup, craignant que ce ralentissement ne soit dû à la saison et aux moins grandes quantités d'eau absorbées par le sol.

Beaucoup d'argent a été dépensé en vains efforts par la Compagnie qui, découragée, songe à dévier la ligne plus en amont du viaduc et à franchir le rio par un ouvrage aussi peu important que possible.

Cette solution peut être très heureuse, bien qu'elle ait pour conséquence l'abandon du viaduc et son démontage; elle est à coup sûr très risquée, car la déviation empruntera des terrains visiblement plus mauvais que ceux que nous venons d'analyser et, comme ces derniers, soumis au régime des mêmes irrigations.

Mieux vaudrait, selon nous, tenter le sauvetage du viaduc, et si, par impossible, tout effort était vain, abandonner sans hésitation les capricieux éboulis de la vallée du Gor et adopter un passage plus en aval dans les terrains en place.

Ce serait consentir à un gros sacrifice certes, mais ce serait

Digitized by Google

aussi couper court à une situation pleine d'aléas et prévenir d'incessants travaux de réfection, car le glissement, qui affecte la culée Murcie, n'est point un fait isolé : la culée Grenade elle-même, à la suite de pénétration accidentelle d'eau (décembre 1905), s'est inclinée de 45 cm vers le rio; tous les ouvrages construits dans la vallée ont plus ou moins souffert et certaines parties du versant gauche principalement, sont en plein mouvement.

---

Digitized by Google

# DE LA
# DISPERSION ARTIFICIELLE DU BROUILLARD

PAR

M. M. DIBOS

---

Si le brouillard dans les villes ou les campagnes occasionne fréquemment des accidents, s'il a plus d'une fois causé des collisions tragiques sur les chemins de fer, son influence désastreuse est bien plus terrible encore sur la mer, car on peut lui attribuer la majeure partie des grandes catastrophes maritimes.

Dans ces dernières années, la télégraphie sans fil est venue apporter son précieux concours à la communication entre navires disséminés dans la brume, mais tous les bâtiments ne possèdent pas une installation de postes d'émission ou de réception radiotélégraphiques.

Examinons les conditions de formation du brouillard.

On sait que, si la température s'abaisse au-dessous du point de saturation, la vapeur atmosphérique se condense aussitôt sous forme de fines gouttelettes qui demeurent en suspension dans l'espace, en raison de leur poids infinitésimal et de la résistance que l'air oppose à leur chute.

Que ces nuées se tiennent près du sol ou de la mer, leurs agglomérations opacient les couches atmosphériques et constituent les brumes et brouillards.

Les pays maritimes, tels que la côte est américaine, la Norvège, les Iles Britanniques, etc., dont les côtes sont baignées par des courants chauds des eaux du Gulf-Stream, sont fréquemment envahis par les brumes et les brouillards, n'ayant pas d'autre cause que l'évaporation énergique de ces eaux, produisant d'abondantes vapeurs, du fait du degré inférieur de la température de l'air.

L'épaisseur de ces brouillards croit en raison directe de la plus grande différence de température entre la mer et l'air, entre le sol et l'air.

D'après les remarquables travaux de recherches du célèbre

Digitized by Google

physicien écossais Aitken, il ressort que la précipitation de la vapeur d'eau, à l'état de fines gouttelettes constituant le brouillard, aurait pour conditions essentielles la présence préalable de fines poussières microscopiques, solides, dans le milieu où le brouillard naît.

L'air ne contient pas seulement des poussières inertes, salines ou minérales; on y trouve en suspension, une multitude de corps organisés, germes d'infusoires, spores de cryptogames, de mucédinées, pollen de végétaux, toute une population d'infiniment petits qui, d'après les recherches de l'immortel Pasteur, jouent, dans les phénomènes de fermentation, de putréfaction, dans certaines maladies, un rôle dont l'importance est imparfaitement définie, mais qui paraît immense. Les poussières organiques de l'air sont de forme, de nature, de dimensions excessivement variées, et il est très souvent difficile aux météorologistes, aux botanistes, aux zoologistes, aux chimistes, d'en déterminer la nature en raison de leur ténuité extrême.

Au cours d'ascensions aérostatiques, j'ai obtenu la confirmation de ce fait que, plus on s'élève dans l'atmosphère, plus les poussières diminuent en quantité et, finalement, disparaissent totalement aux grandes altitudes où, d'ailleurs, le ciel est complètement dégagé et commence à perdre sa coloration bleue due principalement à la présence de vapeur d'eau.

Ces poussières minérales et organiques se retrouvent à l'analyse, en plus ou moins grandes quantités, à d'incroyables distances en mer : apports probables des forts vents et tempêtes et translation par des courants aériens normaux.

La présence des corpuscules minéraux est aussi très souvent constatée par les navigateurs en plein Océan, à la suite d'éruptions volcaniques lointaines.

On connaît la densité des brouillards au-dessus des grands centres industriels ou d'agglomération considérable d'habitations, et la coloration caractéristique que ces brouillards prennent, dans ces conditions de formation, alors que, sur mer et dans les campagnes, le brouillard reste blanc tout en étant dense.

Les villes anglaises telles que Londres, et celles situées dans le « Black Country », sont renommées pour l'intensité de leurs brouillards.

En France, les brouillards lyonnais sont remarquables comme opacité et, aux portes de Paris, les brumes de Saint-Denis, Aubervillers, sont très accusées, colorées et empuanties.

Digitized by Google

A l'appui des théories d'Aitken, je citerai un résumé de recherches faites sur les fumées de quelques grandes villes. C'est ainsi que Paris, qu'on ne peut désigner comme une ville essentiellement manufacturière, brûle cependant, par surface de 1 m² etpar an, 37 kg de combustible minéral, ce qui donnerait d'après le professeur Armand Gautier, environ 2 g de production annuelle de suie solide par mètre superficiel. Rien que pour la capitale, ce serait environ 160 000 kg de substances solides déposées chaque année sous formes d'enduits plus ou moins sales sur tout Paris.

D'après l'analyse immédiate des dépôts qui se forment durant la saison des brouillards épais à Londres et à Manchester, voici la composition de ces suies de houille :

| | |
|---|---|
| Carbone libre. . . . . . . . . . . . | 41,5 |
| Hydrocarbures solides et liquides. . . | 13,1 |
| Bases diverses . . . . . . . . . . . | 2,1 |
| Acide sulfurique ($SO^3$) . . . . . . . . | 4,6 |
| Acide chlorhydrique (HCl). . . . . . | 1,4 |
| Ammoniaque des sels ammoniacaux . | 1,4 |
| Fer et oxyde de fer magnétique. . . . | 2,7 |
| Autres matières minérales . . . . . . | 32,2 |

L'air de Paris contient, à l'état d'hydrocarbures provenant des combustions de toute sorte et pour une part des fermentations du sol de la Ville, deux fois plus de carbone que celui de la campagne et un excès de plus d'un tiers d'hydrogène.

| | Carbone. | Hydrogène. |
|---|---|---|
| Air de Paris . . . . . . . | 12,29 mg | 4,32 mg |
| Air des bois . . . . . . . | 6,12 | 3,39 |
| Air de la haute montagne . | 1,19 | 2,40 |
| Air de la mer . . . . . . | 0,02 | 1,73 |

Le tableau comparatif précédent résume l'ensemble des résultats moyens obtenus pour 100 l d'air de Paris, des champs, des ›is, de la montagne et de la mer.

On voit que l'air de la mer ne renferme presque pas d'impu- tés organiques proprement dites, alors que ces impuretés s'ac- ısent déjà dans l'air de la haute montagne, et vont croissant ns l'air des bois et des grandes agglomérations d'habitations.

L'air moyen de certaines grandes capitales, notamment de

Digitized by Google

Paris, contient par 100 l calculés à 0 degré et à 760 mm de pression, les gaz combustibles suivants :

| | |
|---|---|
| Hydrogène libre aérien. . . . . . . . . . | 19,4 $cm^3$ |
| Gaz formène. . . . . . . . . . . . . . . . | 12,1 |
| Hydrocarbures aromatiques (benzène et analogues) . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,7 |
| Oxyde de carbone (avec traces possibles d'hydrocarbures) ($C^nH^{2n}$ et $C^nH^{2n-2}$) . . . . | 0,2 |

La pollution de l'atmosphère et des monuments n'est pas le seul, ni le principal inconvénient des fumées. Pasteur, Duclaux, Roux, Potain, etc., ont établi que la lumière solaire est le plus actif destructeur des microbes pathogènes ou autres par le pouvoir bactéricide des rayons très réfrangibles, bleu, violet, ultraviolet.

Or, Tyndall, Gérardin, et particulièrement Aitken, ont reconnu que les particules solides des fumées ont la singulière propriété de condenser la vapeur d'eau autour d'elles, et de former les brouillards plus ou moins denses, qui nécessairement arrêtent les radiations les plus réfrangibles, c'est-à-dire celles qui sont les plus antiseptiques.

Les relevés actinométriques ont démontré que, dans les grandes villes anglaises, les rayons perdent 40 à 50 0/0 de leur puissance actinique au centre de la ville, et que, dans la périphérie de ces agglomérations, les valeurs lumineuses sont, au plus, le tiers de celles relevées à une même époque sur des points peu élevés de la Suisse.

Priver Paris, Lyon, Saint-Étienne, Londres, Manchester, Sheffield, Bradford, Birmingham et *tutti quanti*, de lumière, c'est priver ces villes de leur plus puissant moyen d'assainissement.

Sir W. Ramsay a montré quels effets fâcheux occasionnent les fumées, et par suite les brouillards, sur les habitants des centres importants.

Les médecins anglais sont tous d'accord pour attribuer aux fumées et aux brouillards qu'elles déterminent, les pires maladies, notamment la tuberculose.

J'admets donc, avec Aitken, que la présence des poussières atmosphériques est presque nécessaire pour que la vapeur d'eau se précipite à l'état de brouillard : chaque corpuscule se revêt d'une vésicule de poids infinitésimal d'eau liquide; tous ces corpuscules ainsi emprisonnés flottent dans l'air atmosphérique.

Digitized by Google

En fait, ces vésicules aqueuses sont plutôt en équilibre peu stable.

J'ai donc pensé qu'en produisant un choc mécanique, une vibration, une onde au sein d'une couche de brouillard à une certaine altitude, on obtiendrait peut-être la précipitation des vésicules aqueuses de cette couche sur une étendue quelconque.

Par suite, la chute des vésicules supérieures dissociées entraînerait en les surchargeant les vésicules en suspension dans les couches interposées entre la zone éclaircie artificiellement et le sol.

Aitken dit que, s'il n'y avait pas de poussières atmosphériques, on ne verrait ni nuages, ni brouillards. La vapeur d'eau en excès, sursaturant l'air, se déposerait alors à même le sol, ou se fondrait dans la mer. Les pluies disparaîtraient; la rosée seule subsisterait. Le régime hydraulique du monde serait modifié.

Il est à noter que la résolution en pluie des nuées orageuses provient des effluves électriques qui se manifestent au milieu de ces nuages.

## II

On peut tirer quelque enseignement de ces phénomènes pour la recherche des moyens de dispersion du brouillard.

La mise en œuvre de procédés divers, propres à l'obtention d'éclaircies, devait être tentée.

En 1899, je fus amené à aller surveiller les essais de quarante-huit heures, en route libre, de la machine réparée d'un vapeur norvégien, entré en relâche, avec avaries de cylindres, dans un de nos ports français du Nord.

Au cours de la première nuit de route, nous fûmes pris dans un banc de brume d'une opacité telle que, sur le pont, deux interlocuteurs placés l'un vis-à-vis de l'autre formaient silhouette pour chacun d'eux. Nous nous trouvions environ à 65 milles au nord-ouest de Calais, mer calme.

En nous plaçant près de la manche à vent des chaufferies tribord, sur le pont, afin, en bénéficiant de la chaleur des chaudières, de combattre les effets pénétrants de la brume glacée, nous fûmes frappés de voir que celle-ci était dissipée partielle-

Digitized by Google

ment à l'endroit du pont où débouchait le pavillon de la manche à vent, répandant l'air chaud au dehors (1).

Désireux de nous rendre compte si ce phénomène n'était que momentané, nous orientâmes dans des directions successivement différentes le pavillon de la manche à vent, et nous constatâmes la dispersion de l'opacité de la brume, suivant les génératrices du tronc de cône formé par le pavillon de ladite manche à vent.

Nous fîmes amener dans la chaufferie un petit ventilateur qui, *puisant l'air chaud dans cette chambre,* l'envoyait par une gaine *ad hoc* dans la manche à vent tribord débouchant sur le pont. Le ventilateur ayant été actionné et le pavillon de la manche à vent ayant été orienté dans le sens parallèle à l'axe du navire, vers l'avant, une trouée se forma horizontalement dans le brouillard, permettant ainsi la découverte des objets jusqu'au mât de misaine.

Des mesures directes nous ont montré que nous obtenions la visibilité jusqu'à une distance de 30 m.

Il m'a paru que, de cette dernière expérience on pouvait, en somme, conclure qu'en projetant de l'air chaud sous pression, on romprait l'équilibre des vésicules aqueuses constituant le brouillard, et qu'on obtiendrait une zone d'éclaircie beaucoup plus considérable que celle créée par le procédé rudimentaire précité.

Poursuivant mes recherches, je déterminai qu'en installant, par exemple, sur le gaillard, près de l'étrave des grands navires à vapeur, un projecteur à échappement tronconique d'air chaud, sous pression de 4 kg environ, on obtiendrait une éclaircie d'environ 200 à 250 m, dans le sens de la marche avant du navire, soit plus de deux longueurs des types de navires considérés.

Il me semble que cette éclaircie donnerait, dans tous les cas, une certaine facilité à l'homme de barre pour venir en grand tout d'un bord, à l'effet d'éviter, en l'élongeant, un obstacle fixe ou mobile ainsi aperçu, et parer à une collision.

(1) Ce phénomène doit se produire également et incontestablement à l'aplomb de l'orifice supérieur de la cheminée, pendant le tirage normal, *a fortiori* pendant le tirage forcé. Mais la dissociation de la brume s'effectuant suivant la verticale, le navire ne peut en retirer aucun bénéfice pour sa visibilité ou ses propres vues. D'autre part, les hydrocarbures teintés, qui s'échappent avec les scories de la cheminée, remplacent immédiatement de leur noir panache l'espace laissé libre par la chute des vésicules aqueuses du brouillard.

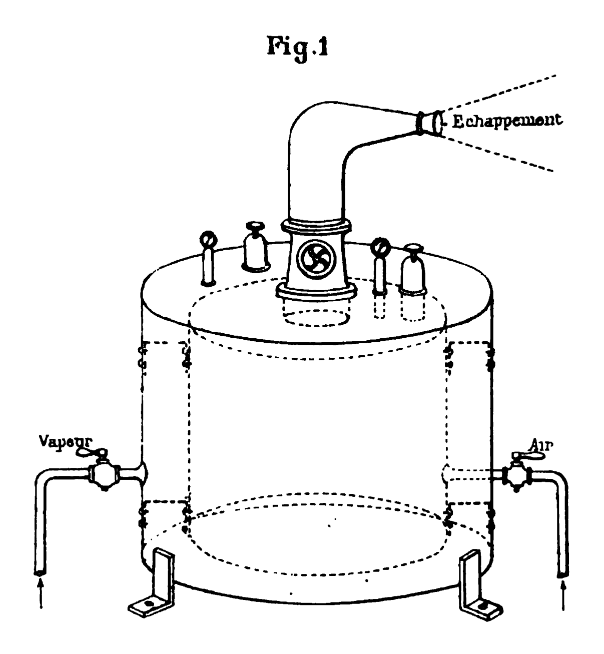
Digitized by Google

J'ai donc construit l'appareil, dont je donne ci-dessous un dessin schématique *(fig. 1)*.

L'appareil consiste en deux récipients cylindriques métalliques en tôle d'acier de 7 mm ; le premier de ces appareils est d'un diamètre supérieur de 2/10 au diamètre du second. Le premier contient le second, qui lui est relié par des pattes entretoises en fer en U.

Ces récipients ne communiquent pas entre eux. Le premier est destiné à recevoir la vapeur provenant de la chaudière du

Fig. 1




navire, et amenée par une canalisation *ad hoc;* c'est le réchauffeur. En conséquence, et comme le timbre des chaudières *ordinaires* marines ne dépasse guère 5,50 kg, ce récipient est timbré lui-même à 6 kg, à l'effet d'augmenter le coefficient de sécurité; un revêtement calorifuge l'entoure à l'extérieur. Un manomètre, gradué à la pression correspondante, est placé sur le sommet du cylindre, ainsi qu'une soupape de sûreté réglée à 6 kg également. Un robinet de vidange tangent est adapté à la base du cylindre *(fig. 1)*.

Le récipient intérieur sert à contenir l'air comprimé refoulé la pression de 4 kg.

Un manomètre et une soupape de sûreté, réglés à 4 kg, com-

Digitized by Google

muniquent avec ce récipient intérieur, et sont placés sur le sommet du cylindre formant récipient extérieur. Un tuyau en cuivre traversant la plaque de sommet du cylindre extérieur, et armé d'une valve à volant, permet la décharge de l'air comprimé quand on veut le répandre dans l'atmosphère.

Ce tuyau de décharge se termine par un coude à angle droit, tronconique, pivotant, étanche.

L'échappement, ainsi ramené à l'horizontale, se fait par une ouverture de 0,07 m de diamètre environ, en bronze.

Cet exposé schématique est suffisant pour saisir le fonctionnement de l'appareil; la vapeur réchauffe l'air comprimé et l'empêche de se refroidir brusquement au moment de son échappement. La pression de cet air comprimé permet de lutter contre les vents faibles qui peuvent accompagner les bancs de brume en même temps qu'elle étale le refoulement des couches d'air vers l'arrière, dû à la translation du navire dans la marche en avant.

Enfin, cette pression porte au loin les calories de l'air comprimé réchauffé, et, les diffusant en esquissant les génératrices du tronc de cône d'échappement, élève la température atmosphérique suivant le secteur indiqué. Les vésicules aqueuses touchées perdent leur équilibre : l'éclaircie se produit et se renouvelle incessamment.

Je mentionne 200 m d'éclaircie parce que tel a été le résultat avec mon appareil essayé l'hiver de 1899, près de Boulogne-sur-Mer, à trois milles de ce port.

On objectera que les bateaux à vapeur seront seuls à bénéficier de ce disperseur de brouillard, puisque la vapeur est un facteur nécessaire à son fonctionnement; on peut répondre que, si le steamer découvre lui-même sa route, les voiliers seront préservés par cela même.

Mais à bord de beaucoup de voiliers et de bateaux de pêcheurs, on utilise des chaudières pour la manœuvre des treuils et chaluts. Il suffirait donc de faire un emprunt de vapeur à ces petites chaudières.

Je me reportai ensuite aux expériences classiques de Tyndall, à celles du docteur Frankland, de lord Raleigh, de Halley, de Saussure, de Kratzenstein, de Faye, d'Eiffel, etc., aux affirmations de Kaemtz, corroborées par les expérimentations d'Aitken, et il m'apparut que les ondes hertziennes, si elles étaient diffusées dans certaines conditions spéciales et par l'intermédiaire

*d'appareils appropriés*, pourraient réaliser la dispersion artificielle du brouillard et beaucoup mieux que l'air chaud projeté sous pression.

Disons tout de suite que les appareils pour la télégraphie sans fil, tels qu'ils sont généralement conçus et construits, ne sauraient remplir les conditions, que je crois devoir être satisfaites, pour aider à la dispersion artificielle des hydrométéores. Il n'en est pas de même pour les appàreils de production de potentiel électrique qui peuvent être employés après adaptation raisonnée.

Pendant l'hiver, en 1904, j'installai mon premier dispositif d'émission pour disperseur sur le toit de la villa « Excelsior », avenue de la Mer, à Wimereux-Plage (Pas-de-Calais).

Ce poste initial et de circonstance empruntait un potentiel d'électricité statique, dont le courant secondaire, continu, amenait à l'antenne supportant le râteau diffuseur à pointes métalliques de cuivre, environ 140000 volts s'épendant dans l'atmosphère par le pôle positif. Le pôle négatif venait à la terre.

L'opacité du brouillard ne permettait pas la distinction de personnes arrêtées à 1,30 m ou 2 m de l'observateur.

L'antenne-râteau était à 10 m au-dessus du toit, situé lui-même à 15 m au-dessus du sol, au sommet d'une colline ayant 30 m environ d'altitude au-dessus du niveau de la mer.

J'obtins, au bout d'une durée d'émission de 40 minutes en moyenne, des zones d'éclaircies de 100 à 120 m, soit 50 à 60 m de rayon, en observant que ces éclaircies circulaires augmentaient sensiblement quand le très faible vent du sud ramenait, sur Wimereux, avec le brouillard, les fumées de la ville de Boulogne-sur-Mer, située à 4 km à vol d'oiseau, au sud de Wimereux *(fig. 2)*.

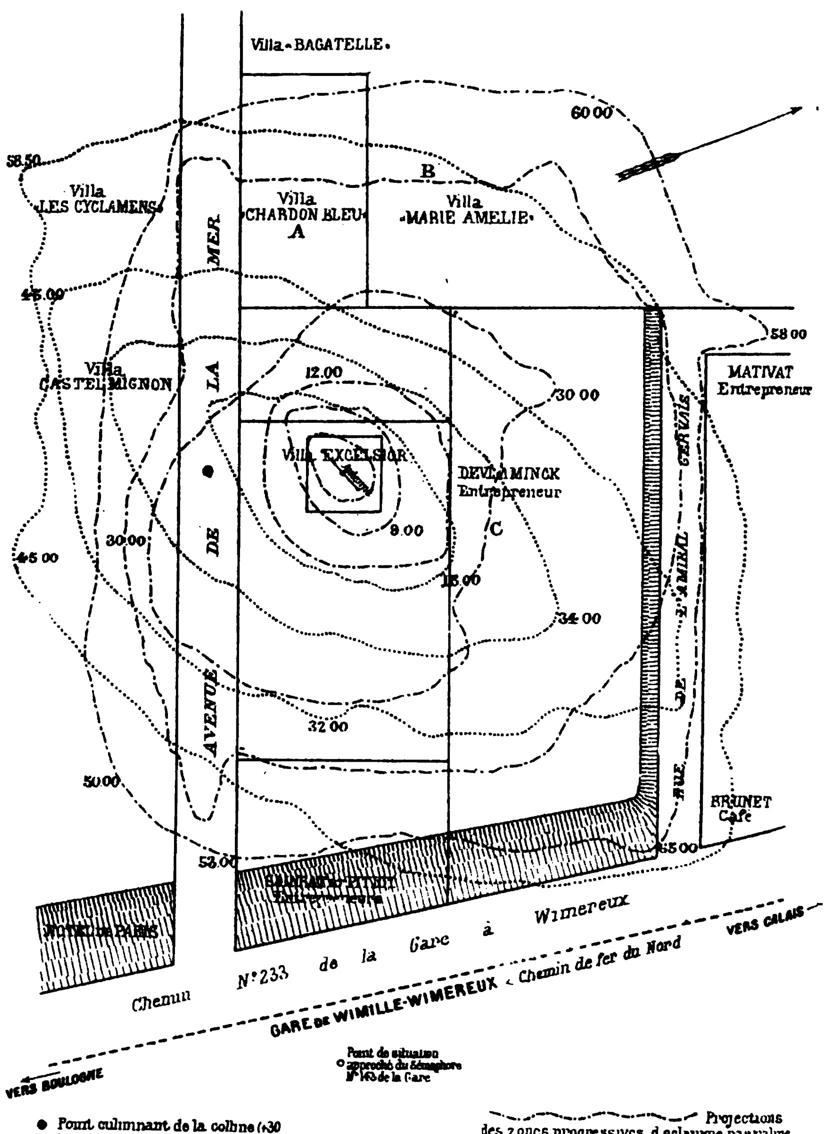
Au contraire, avec très faible vent du sud-ouest ou d'ouest, amenant directement le brouillard de la haute mer, les éclaircies se maintenaient à une centaine de mètres, soit 50 m de rayon. Ceci tendrait à démontrer que, plus le brouillard véhicule de corpuscules provenant de poussières de fumées, d'hydrocarbures, etc., plus il est sensible au heurt des ondes électriques et facile à disperser.

Quand le circuit était fermé, les volutes de brouillard « se reculaient » (effet optique) sur un périmètre plus ou moins grand et l'éclaircie demeurait acquise *(fig. 1, 2 et 3, Pl. 137)*.

Quand le circuit était ouvert, les volutes réapparaissaient,

Digitized by Google

**Fig. 2**




● Point culminant de la colline (+30 au dessus du niveau de la mer

○ du sol naturel

Zones d'influences des ondes electriques se deversant par l'anteune

Projections des zones progressives d'eclaircie (Déformation elipsoidale avec grand diametre parallèle à la faible brise de SSW

Projections des zones progressives d'eclaircie par calme plat

28m00 Cote de limite des zones d'éclaircie en plan horizontal depuis l'axe de la Villa-Excelsior prolongée par l'anteune

Les limites ont ete piquetées sur le sol au moyen de fiches d'arpentage implantees sur la frontière de visibilité depuis l'anteune et de reperes de constructions

Echelle de un centimètre pour 2 mètres

Digitized by Google

rampant d'abord sur le sol, et envahissant (effet optique) ensuite résolument la grotte créée au sein de la nuée *(fig. 3)*.

Les mêmes particularités se présentèrent en 1905, en automne, avec des courants dynamiques ou statiques et de haute tension.

Toutefois, il est certain que mes procédés sont encore dans la période de tâtonnements, et il ne ressort pas encore suffisam-

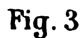
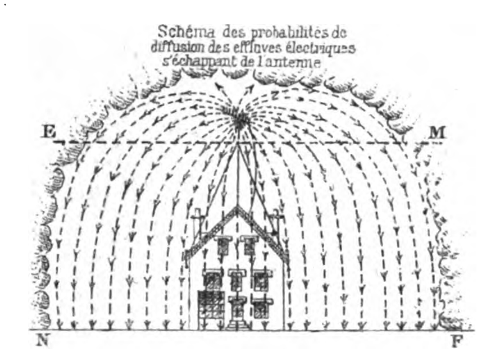


Fig. 3




ment qu'il y a intérêt à utiliser de préférence des courants d'électricité statique ou dynamique.

*A priori*, les instruments de production statique, comme la machine à plateaux de Wimschurt, semblent donner un voltage élevé. Toutefois, ces appareils fonctionnent mal par les temps humides, alors que, précisément, il faudrait qu'ils conservassent intégralement, surtout à ce moment, leurs avantages producteurs de potentiel.

Les installations déjà répandues à terre, à bord, de groupes électrogènes dynamiques offrant, d'autre part, des ressources importantes pouvant favoriser beaucoup les installations des postes disperseurs à courant continu ou alternatif et de haute tension, et avec adjonction de résonateurs, semblent devoir être plus pratiques.

Certes les zones d'éclaircie gagneraient à être augmentées, mais on ne peut guère arriver du premier coup au succès absolu, électricité surtout.

n savant anglais, M. Ashwort, a constaté, dans ses expé-ıces, que l'air chargé d'acide carbonique ou d'hydrocarbures ers, ou de souffles volatils qu'exhalent les organismes vivants, de saturations de corpuscules de différentes sortes, ou de ıssières de compositions différentes, s'ionisait de ce fait même



Digitized by Google

et que, dans les milieux ambiants d'air impur, à un titre quelconque, les étincelles des machines statiques telle la machine de Wimshurt étaient beaucoup plus longues que dans l'air pur.

Ces expériences sont très précieuses pour mes recherches, en ce sens que, pour les tentatives de dispersion de brouillards et brumes stagnant aussi bien au-dessus des agglomérations d'habitation d'usines, de terres, qu'au-dessus de certaines portions des océans ou de mers proches ou éloignés du littoral, cette ionisation atmosphérique aide et accélère la diffusion des ondes électriques émises artificiellement en vue de la dispersion des météores aqueux.

Pendant que je m'ingéniais à chercher à créer de toutes pièces un poste pratique de dispersion de brouillard par l'électricité, j'appris que le distingué physicien anglais, sir Oliver Lodge, célèbre notamment pour ses inventions touchant la radiotélégraphie, avait fait lui-même des essais de dispersion de brouillard par les ondes électriques, et obtenu des éclaircies de 100 à 110 m de diamètre, qui l'engageaient à combiner des installations de postes sur les rives de la Mersey en Angleterre, et sur les bords de la rivière Chicago, et du nord et de l'est à New-York, en Amérique.

C'est, à mon sens, la meilleure confirmation de mes expériences que cette concordance des essais français et anglais des deux côtés de la Manche, à Wimereux-Plage sur le toit de la villa « Excelsior », et à Birmingham sur la terrasse de l'Université.

Certains brouillards contenant des poussières ayant plus d'affinité, par leur essence, pour subir l'influence des ondes électriques, se dispersent plus aisément par cela même.

Des brumes renfermant des corpuscules plus réfractaires à l'impression de ces ondes résisteront davantage aux efforts artificiels de dissociation, d'ionisation !

Il semblerait, toutes choses égales d'ailleurs, que les impulsions intermittentes seraient plus propices que le courant continu.

Ce n'est pas ce qu'il apparaissait au début des expériences. Évidemment, on voit qu'on se trouve soumis à des caprices atmosphériques des plus curieux et dont il convient de tenir le plus grand compte, même dont il faut se méfier, dans la continuation de ces recherches.

Convient-il de préconiser le dispositif schématique d'un poste d'après les données suivantes ?

Digitized by Google

Le courant électrique primaire est produit soit par accumulateurs, soit par dynamo. Un interrupteur rotatif est intercalé dans le circuit primaire d'une très forte bobine de Ruhmkorff (donnant 1 m d'étincelle de mesure). On monte en parallèle un condensateur avec l'interrupteur rotatif. Le courant secondaire de la bobine de Ruhmkorff passe, à travers des redresseurs du type Cooper Hewitt (à vapeur de mercure) groupés par deux séries de quatre chacune, aux électrodes des armatures internes de deux variateurs), qui ne sont en réalité que de grosses bouteilles de Leyde) dont on fait communiquer réciproquement les armatures externes. Aux électrodes des variateurs sont placés les conducteurs de décharge : l'un de ces conducteurs (positif) isolé, va à l'antenne circulaire dentée, placée au mât, l'autre conducteur (négatif) va à terre.

Le courant primaire émis est envoyé par interruptions à la bobine de Ruhmkorff.

Le *courant secondaire* qui se crée est à potentiel très élevé, atteignant facilement, en raison de l'importance de la bobine d'induction même, plus de 380 000 volts.

Le courant secondaire vient donc par heurts successifs se redresser dans les appareils Cooper Hewitt à vapeur de mercure, positif dans un groupe de quatre redresseurs, négatif dans un groupe de quatre redresseurs, pour, de là, passer aux électrodes des deux variateurs et aux conducteurs d'antenne et de terre.

En effet, le but de l'intercalage des deux groupes d'appareils Cooper Hewitt est de maintenir en direction constante le courant secondaire, en redressant les flux inverses de ce courant alternatif, tout en créant des courants de décharge positifs et négatifs.

Les variateurs (*vulgo*, bouteilles de Leyde) se chargent donc et se déchargent successivement et ces pulsations vont au conducteur d'antenne.

Je n'ose conclure, car les conditions de situations des bancs de brume sont très variables et, ainsi que je le disais plus haut, mes constatations ne sont pas encore assez constantes pour que je me permette de prétendre à des déterminations *ne variatur* de composition de postes disperseurs d'hydrométéores et d'hydrocarbures divers.

Toutefois, il est des faits incontestablement acquis.

Dans la disposition de ses postes, Sir Oliver Lodge semble admettre que les deux conducteurs de décharge doivent com-

Digitized by Google

porter des pointes ou des rangées parallèles de lames métalliques en dents de scie et qu'ils peuvent être isolés et disposés en face l'un de l'autre, à la distance convenable, pour que l'explosion se produise entre ces parallèles. Il n'y a donc pas de retour à la terre.

J'estime que, dans un avenir assez rapproché, des améliorations, des perfectionnements incessants permettront de présenter au public un type de poste-disperseur susceptible de remplir, sans défaillance, sur mer et sur terre, la tâche humanitaire qui lui incombera souvent pendant certaines perturbations atmosphériques causées par les hydrométéores.

*A priori*, l'étendue de zone d'éclaircie sur la mer ou sur le sol ne serait-elle constante que de 100 m, on conçoit déjà quels immenses avantages cette dispersion procurerait à la marine, pour les entrées et sorties de port, l'observation des obstacles fixes et mobiles, le dégagement des chenaux, passes, les accostages, etc., à bord des navires, etc.

Au large, le desideratum, ainsi que l'indique M. le lieutenant de vaisseau André, chargé de cours à l'École Navale, et ainsi que j'en conviens, serait d'arriver à obtenir des éclaircies de 400 m de rayon pour chaque navire.

Sur les voies ferrées, des éclaircies, même plus restreintes, fourniraient un précieux moyen de maintenir la visibilité permanente des signaux pour les mécaniciens des trains. Aussi la Compagnie des Chemins de fer du Nord s'est-elle vivement intéressée à mes expériences et a-t-elle installé un poste d'essais en gare de Paris *(fig. 4, Pl. 137)*.

Rien n'empêche d'établir des postes de recoupement augmentant du double, du triple, les effets disperseurs.

Les antennes dites « à résille » et disposées à l'aplomb des signaux, sont également à préconiser.

Il n'apparait pas que l'émission des ondes de dispersion de brouillard perturbent les champs électriques des signaux de gare.

Puisse cette quasi-solution, déjà heureuse, d'un problème ardu augmenter la sécurité générale des passagers, des voyageurs, des marins, des employés de chemins de fer, etc. !

---

Digitized by Google

# PHASES D'ESSAIS

DE

# RENFLOUAGE DU CUIRASSÉ " MONTAGU "

---

## NOTE ANNEXE [1]

PAR

M. M. DIBOS

---

« Monsieur le Président,

» J'ai l'honneur de vous faire connaître, comme suite à ma » précédente communication concernant les Phases d'essais de » renflouage du cuirassé de premier rang *Montagu*, de la Ma- » rine royale Britannique (1), qu'il m'a été demandé par divers » correspondants, notamment par un des officiers chargés de » cours à l'École Navale, des renseignements complémentaires » détaillés sur les apparaux et agrès de manœuvres de force » exécutées à bord du *Montagu*, pour le débarquement des » quatre grosses pièces de 12 pouces logées dans les tourelles » avant et arrière, canons pesant chacun 50 t et valant chacun » 500 000 f.

» En sus des réponses particulières que je me suis empressé » de faire aux différentes personnes qui m'en ont sollicité, j'ai » pensé, puisqu'il en était ainsi, compléter ma communication » en vous remettant l'énoncé de ces mêmes renseignements » techniques, qui peuvent également intéresser ceux de nos » Collègues qui s'occupent de travaux de force terrestres et » maritimes.

» Cet énoncé est mis sous forme de questions et réponses » afin de mieux fixer les idées. »

1° Quelles étaient les dimensions et nature des espars servant pour les bigues ?

La première bigue était installée à l'aplomb de la tourelle-

(1) Bulletin de la Société de décembre 1906, page 794.

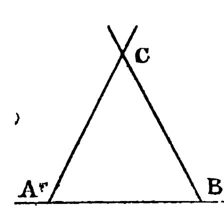
Digitized by Google

barbette (cette tourelle inscrite entre les pieds de la bigue), les pieds de la bigue disposés perpendiculairement à l'axe longitudinal du navire.

AC = une fois et demie la longueur du canon (40 pieds).
BC = — —

Les sapines (forte essence) 0,80 m d'équarrissage.

D'après Rondelet, la charge à l'écrasement est de 50 kg par centimètre carré de base pour les poteaux en bois de sapin fort.




En principe, pour les poteaux non contreventés ou maintenus, Rondelet indique de ne pas donner à ces poteaux une longueur supérieure à dix fois le diamètre de la base. Rondelet ajoute que la charge pratique permanente ne doit pas dépasser le septième de la charge d'écrasement.

La deuxième bigue était installée sur le bord (tribord), les pieds placés parallèlement à l'axe longitudinal du navire.

AC = une fois un quart la longueur du canon.
BC = — —
AB = — —

Les sapines (forte essence) de 0,80 m d'équarrissage;

2° Quels dimensions et nombres des tours de cordage servant à la fixation des espars en C, et à la fixation de la caliorne de hissage ?

Un premier aiguilletage en câble de chanvre (D = 60 mm. Poids 3,200 kg au mètre courant. Charge de rupture, 24 300 kg) mais tourné à 12 tours et pouvant ainsi supporter aisément $n + 70$ t.

Un deuxième aiguilletage, *superposé*, en fil d'acier; dimensions = $x$, plus deux broches (boulons) de 1,80 m environ. Diamètre correspondant au type employé.

La fixation de la caliorne était obtenue par une boucle formée de 12 torons de câble d'acier de même diamètre que le garant.

3° Quelles composition des étais et dimensions de ces étais tenant les bigues à l'avant et à l'arrière ?

La première bigue de tourelle était maintenue par les bas étais (câbles acier) du mât de misaine.

Digitized by Google

Appels : du capelage du mât à la tête de bigue et de la tête de bigue à l'étrave.

La deuxième bigue : emploi d'étais d'artimon enlevés au mât, rapportés et raidis par intermédiaire des palans à des points fixes pris sur organeaux, chaumards, bittes et râteliers de manœuvres du pont, *à bâbord*, et à une ceinture en câble, acier, passée *autour du pied de la tourelle-barbette*, avec appel *à bâbord*.

4° Comment étaient fixés les pieds des bigues en A et B et quelles consolidations dans ces pieds?

Pour la première bigue de tourelle : chaînes et fils d'acier formant surliures *autour du pied de tourelle* et l'embrassant.

Pour la seconde bigue : chaînes reliées au pont. Les pieds A et B reposent sur des coins en chêne, superposés, serrés à la masse et cloués entre eux et sur le pont.

5° Le plan moyen des bigues était-il vertical ou légèrement incliné? Quelle inclinaison?

La première bigue était sensiblement à l'aplomb de la tourelle, soit presque verticale.

La deuxième bigue était inclinée de 15 degrés vers l'extérieur du navire (tribord).

La situation respective des deux bigues, par rapport à l'une l'autre, formait un angle droit, en plan horizontal, le pied avant tribord de la bigue de ce bord étant dans le prolongement des pieds de la première bigue de tourelle.

6° S'est-on servi d'une moufle ou d'une caliorne pour soulever chaque canon au-dessus de son berceau?

On a employé une caliorne (acier) à cinq réas (acier). Le garant était en acier (charge de rupture = 80 t). Cette caliorne a naturellement servi à l'enlèvement préalable de la coupole-casemate pour découvrir les canons de tourelle.

7° Quelles étaient les position et fixation de la poulie servant de retour au garant de l'appareil?

C'était une très forte galoche maintenue à un point fixe pris sur la plage avant.

Digitized by Google

8° Comment a-t-on agi sur le garant de la caliorne? Par treuil à vapeur ou à bras?

Par l'emploi d'un treuil à vapeur. Emprunt de vapeur à une chaudière mobile installée sur la plage Avant, et provenant du matériel mobile de la Compagnie de Sauvetage.

9° Comment a-t-on filé à retour le garant de l'appareil pour amener le canon?

En dévirant au guindeau et sur freinage à vapeur.

10° Où étaient situés les différents points fixes?

On se reportera aux deux épreuves photographiques agrandies tout spécialement pour fournir ce renseignement et mieux indiquer la manœuvre générale.

11° Une fois le canon soulevé, comment l'a-t-on envoyé à l'extérieur? Est-ce à l'aide des bigues ou de mâts de charge? Donner détails analogues sur les dispositions prises?

Une fois soulevé hors son berceau, le canon qui, au préalable avait été orienté sur son affût, la volée tout tribord, était amené en douceur sur des madriers formant *coulottes*, la bouche en avant. Le canon était sollicité par sa propre pesanteur à glisser sur le plan incliné des coulottes se continuant depuis le *rebord* de tourelle jusqu'au *livet de pont à tribord*. Deux palans de retenue étaient frappés pour modérer le glissement du canon qui n'était d'ailleurs abandonné par la première caliorne qu'après que le croc de la deuxième caliorne, fixée à la deuxième bigue, avait été passé dans les élingues embrassant le canon en un point supposé le plus rapproché de son centre d'équilibre.

On embraquait le garant de caliorne de la deuxième bigue au fur et à mesure que le canon glissait sur les « coulottes », puis on commençait à virer doucement (par guindeau à vapeur) pour soulager le canon par cette caliorne de la deuxième bigue précitée (caliorne de + 80 t de force). A un moment, on décrochai' la caliorne de la première bigue et le canon prenait lentemen sa suspension verticale sur la caliorne de deuxième bigue et s'a menait suspendu, au dehors du navire.

On faisait pivoter d'un quart de tour le canon ainsi suspendu pour le placer parallèlement au bordage du cuirassé, et au-des

Digitized by Google

sus de l'axe longitudinal du chaland amarré le long du bord, à tribord.

Ne pas oublier que le cuirassé échoué était immobile, même par grosse mer.

La difficulté s'accentuait surtout pour l'admission du canon sur le ber *ad hoc* préparé dans le chaland (de 300 tx de portée) amarré à tribord du *Montagu* (côté de la falaise) et sous le vent (dominant de S. W.). Ce chaland, demi-ponté, était soumis aux amplitudes de la houle qui, pendant une durée d'un élingage, ont atteint jusqu'à 3 m.

L'habileté consistait à introduire dans le chaland le canon, volée la première, et de faire prendre contact la bouche de la pièce avec le ber; de dévirer convenablement, quoique assez rapidement et prudemment, au guindeau, tout en guidant la palanquée au guindeau.

Avec mer assez calme, cette opération offrait moins de difficultés. Une fois le canon reposant, élingué, sur le ber du chaland, on dévirait en grand, et vite, pour mollir rapidement le garant de caliorne, et on décrochait prestement.

12° Quelle a été la durée des préparatifs pour les deux pièces de tourelle Avant et des deux pièces de tourelle Arrière ?

La durée des préparatifs pour les deux pièces de tourelle avant, prêtes à être élinguées, a été d'environ treize jours.

Même temps pour ceux de la tourelle arrière, dont les dispositifs d'élingage des canons, ont été sensiblement semblables, ou à peu près.

Ces opérations n'ont pas été simultanées.

L'élingage d'un canon, tout compris, a varié de trois à quatre heures en moyenne.

Le personnel de manœuvre était entièrement civil et sous les ordres du Wreck Master, Directeur technique de l'entreprise de débarquement de l'artillerie.

---

Digitized by Google

# DISCOURS PRONONCÉS AUX OBSÈQUES

DE

# M. GEORGES REYMOND[1]

## I

## A DROUJKOWKA

## DISCOURS

DE

**M. RABUT**

CONSUL DE FRANCE A KHARKOFF

Mesdames, Monsieur Reymond,

Je laisserai aux Collègues de l'Ingénieur Reymond le soin de rappeler ici sa trop courte carrière remplie d'un labeur assidu, consciencieuse et honnête. Mais il appartenait au représentant de la France au Donetz de prendre la parole, pour saluer au nom de S. E. M. l'Ambassadeur de la République en Russie, du Consulat de Kharkoff et de la Colonie française au Donetz, la dépouille mortelle de l'Ingénieur Reymond frappé au champ d'honneur de l'expansion industrielle française en Russie, sans peur et sans reproche, victime du devoir volontairement accepté et vaillamment rempli.

Je vous salue une dernière fois, Ingénieur Reymond, et de tout cœur.

## DISCOURS

DE

**M. COUADE**

INGÉNIEUR, DIRECTEUR DES MINES ET USINES DU DONETZ

Pauvre cher Reymond que j'avais connu plein de vie et d'espérance! Il y a quelques mois, vous quittiez Paris, chargé par le Conseil d'administration de la Société des Forges et Aciéries du

(1) Voir Procès-verbal de la séance du 1er mars 1907.

Digitized by Google

Donetz de prendre momentanément en mains les intérêts de la Société gravement compromis. Je venais alors d'être nommé gérant et vous aviez accepté l'intérim. Nous nous étions alors serré la main avec un sentiment de fraternelle amitié. « Vous n'aurez rien à me reprocher, m'avez-vous dit alors; la besogne sera rude, mais je l'accomplirai et je souhaite seulement qu'une fois rendu à mes occupations naturelles je puisse encore vous être utile. »

Avec la décision d'esprit qui était chez vous une qualité maîtresse, vous avez jugé immédiatement que seules des mesures énergiques pouvaient sauver l'usine où la discipline n'existait plus. Vous avez été l'homme d'action que réclamait la situation. Vous m'honoriez de votre sympathie et mon chagrin est immense... Plus que tout autre je puis mesurer l'étendue du dévouement et le courage qui a dicté votre attitude. Votre œuvre ne sera pas stérile; le drapeau que vous avez tenu haut et ferme, je le relève. Puissent mes forces me permettre de poursuivre votre œuvre !

A votre admirable compagne, à votre vieille mère, au frère éminent qui emportent vos restes, je transmets les sentiments profondément émus et reconnaissants du personnel tout entier de la Société du Donetz. J'y joins les miens; nuls ne sont plus sincères. Adieu, pauvre cher ami !

---

# DISCOURS

DE

**M. A. GOUVY**

INGÉNIEUR

MEMBRE DU COMITÉ DE LA SOCIÉTÉ DES INGENIEURS CIVILS DE FRANCE

---

C'est au nom de nos camarades de l'École Centrale des Arts et Manufactures, et notamment du groupe de la Russie méridionale, que j'ai le triste devoir, en cette pénible circonstance, de venir rendre à notre camarade et ami Georges Reymond un dernier hommage.

Reymond, sorti de l'École Centrale en 1893 second de la promotion, et major des constructeurs, ayant fait son service militaire comme sous-lieutenant d'artillerie à Vincennes, partit fin

Digitized by Google

1894, comme Ingénieur de charbonnages à Gorlowka, dans ce bassin du Donetz, qui devait lui devenir si funeste. Nommé Ingénieur en chef de Gorlowka, en 1895, il acceptait peu après la direction de l'Oural de la Société Volga-Vichéra, où il resta jusqu'en 1899. Après avoir accompli diverses missions en Russie, il est nommé, en janvier 1901, directeur des charbonnages de Nikitowka, situation qu'il occupa jusqu'en juillet 1904.

Il rentre alors à Paris; mais, sans perdre de vue les affaires russes qu'il connaît si bien, il s'y intéresse, au contraire, de plus en plus et fait profiter ses compatriotes de l'expérience qu'il a acquise dans ce pays, dont il a appris la langue à la perfection. En effet, à côté de situations secondaires, il occupe celles d'administrateur des charbonnages de Routschenko et de Secrétaire général du Comité pour la défense des intérêts français en Russie; c'est Reymond qui crée et organise cette Société et qui, membre de la Commission de revision du Syndicat des charbonnages du Donetz, y joue un rôle des plus importants.

Enfin, tout récemment, nommé Secrétaire du Conseil d'administration, à Paris, de la Société des Forges du Donetz, il accepte la mission difficile au cours de laquelle il a succombé, frappé à mes côtés, en pleine activité, le samedi soir, 23 février, alors justement qu'il venait de terminer de sa propre main, l'affiche destinée à être portée le lundi matin à la connaissance des ouvriers en vue de la reprise du travail, après une grève de vingt-trois jours.

Pour la réorganisation dont il avait été chargé, Reymond s'était efforcé de concilier les intérêts de l'industrie même qu'il représentait avec les intérêts non moins négligeables du personnel ouvrier, tout en cherchant à introduire dans l'usine l'ordre indispensable à son bon fonctionnement; il ne lui a pas été donné d'achever lui-même la tâche qu'il avait assumée.

Notre camarade Reymond est mort le 28 février avec la sensation bien nette du devoir pleinement accompli et cette carrière, hélas! trop courte, servira d'exemple aux jeunes qui nous suivront. Sa dernière pensée a été pour sa pauvre jeune femme qui l'avait courageusement accompagné dans cette dernière mission et pour ses deux enfants.

Adieu, cher ami, au nom de tes camarades de l'École Centrale. Puissent la sympathie et les regrets de tous ceux qui t'ont connu atténuer la profonde douleur de ta vieille mère et de tous les tiens! ils peuvent être fiers de toi!

Digitized by Google

## II

# A PARIS

---

# DISCOURS

DE

## M. PASTEUR

PRÉSIDENT DU COMITÉ DES ACIÉRIES DU DONETZ

---

Dans le concert unanime de plaintes et de regrets, qui s'élève autour de ce cercueil, le Président du Conseil de la Société du Donetz a le devoir de faire entendre sa voix.

Il lui appartient de rendre à Reymond un suprême hommage, au nom des amis, des collègues, des associés, dont il a défendu les intérêts, en consacrant à cette défense les derniers jours d'une vie si tragiquement, si prématurément terminée. C'est sous notre drapeau et pour sa sauvegarde que Reymond a été frappé, comment ce drapeau ne s'inclinerait-il pas devant cette tombe ?

Quelques mois à peine se sont écoulés depuis le jour où Reymond était devenu l'un des nôtres. Ses travaux passés, sa connaissance parfaite de l'industrie minière et métallurgique, l'expérience éprouvée, acquise par ses séjours en Russie, tout le désignait pour le poste que nous l'avions prié d'accepter.

A peine il avait pris possession des fonctions délicates et complexes qui lui étaient départies sous le titre de Secrétaire du Conseil, titre plus modeste que ne le comportait la gravité de son mandat, quand une crise locale et particulière vint s'ajouter à la crise générale que traversent toutes les industries établies dans l'Empire russe.

En face de cette crise, la présence sur place d'un délégué de la Société, investi des pleins pouvoirs du Conseil, devenait indispensable. Reymond seul parut capable de remplir cette tâche. Nous fîmes appel à lui et, de suite, il répondit à notre appel. Avec l'intrépidité sereine que donnent le sentiment du devoir

Digitized by Google

et l'habitude de le remplir, peu soucieux des fatigues qu'il avait coutume de braver, aussi bien que des périls dont il rejetait la pensée comme une chimère (si peu chimérique hélas! que dût être cette crainte), il partit, laissant derrière lui sa petite et chère famille, accompagné de sa jeune femme, dont le cœur vaillant s'était formé à la leçon des exemples paternels.

Les trois mois de son séjour ont été marqués par des difficultés de tous les genres et de tous les instants. Toutes, il les a surmontées: un zèle qui ne se démentait pas, un sang-froid qui ne l'abandonnait jamais, une énergie faite, non de violence et d'obstination, mais de patience en même temps que de fermeté, étaient les gages et ont été les instruments de son succès. Ainsi, il avait franchi tous les obstacles, déjoué tous les pièges, dissipé tous les malentendus.

Nous espérions, peut-être croyait-il lui-même, avoir désarmé toutes les haines. Qu'il le crût ou non, sûr d'avoir fait son devoir, et rien que son devoir, habitué à mépriser le péril, et brave jusqu'à la témérité, Reymond se plaisait au spectacle de l'œuvre accomplie par lui. L'usine était réorganisée, la reprise de tous les services était assurée, les travailleurs allaient rentrer dans les ateliers. A cette heure, à ce moment précis, une main criminelle est venue le frapper. Comme il n'avait jamais reculé devant la tâche, il n'a pas non plus faibli devant la mort. Il l'a contemplée face à face, debout. les yeux fixés sur le meurtrier. Il est mort sans peur, ayant vécu sans reproche.

Nous devons le pleurer, le louer, mais non le plaindre. Nos plaintes vont à ceux qu'il a laissés derrière lui, à cette jeune veuve, à cette jeune mère, dont le courage est égal à la tendresse. Quant à lui, il n'aura point compté parmi ceux qui s'éteignent paisiblement au foyer domestique, rassasiés de jours, après avoir épuisé toute leur destinée; mais, dans une existence trop courte, il aura donné le spectacle du labeur vaillamment accepté, du devoir rempli jusqu'au sacrifice; il aura offert l'exemple d'un mérite et d'un courage qui n'ont jamais défailli. Il laisse après lui une mémoire vraiment touchante, vraiment belle, et qui, pour nous, s'embellit encore de toutes les espérances que sa mort nous a ravies.

---

Digitized by Google

# DISCOURS

DE

M. E. GRUNER

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE,
PRÉSIDENT DU COMITÉ DES MINES ET USINES DU DONETZ

---

La carrière de celui dont nous entourons à cette heure de notre douloureuse sympathie les malheureux parents a été courte, mais singulièrement bien employée.

A sa sortie de l'École Centrale, Georges Reymond n'a pas accepté la facile existence que lui eût procurée la situation de sa famille. Digne fils de son père, il a voulu ne devoir sa position qu'à son travail et il s'en alla débuter en plein bassin houiller du Donetz à la Société houillère de Gorlovka.

Quelques années plus tard, nous le retrouvons dans les solitudes boisées de l'Oural, construisant là-bas une usine métallurgique que des circonstances indépendantes de sa volonté ne lui permirent pas de mettre en marche. Il aimait à parler de ces années de lointain exil, au milieu d'une population à peine civilisée mais douce et accueillante, et il rapporta de là-bas un attachement profond pour la Russie et le vif souci du sort de l'ouvrier russe.

Il se prit vite à regretter cette vie de libre initiative et de lourdes responsabilités. Aussi fut-ce sans hésitation qu'au retour d'une mission dans le sud de l'Oural il accepta la tâche d'aller, en pleine steppe aride et unie, créer une houillère avec ses multiples dépendances. Il ne fut pas longtemps seul là-bas et il eut la joie de trouver une compagne courageuse et dévouée qui sut joyeusement échanger Paris contre l'austère et solitaire résidence de Nikitovka.

Nous qui avons eu, à bien des reprises différentes, le plaisir de nous asseoir à ce foyer lointain, où le bonheur d'un amour profond faisait accepter toutes les difficultés matérielles, compliquées périodiquement par les atteintes de la fièvre qui s'attaquait au père, puis à l'enfant, nous n'oublierons jamais la sérénité de cet intérieur, où le devoir à accomplir primait toute autre préoccupation.

Digitized by Google

Une fois de plus, Georges Reymond eut le regret de voir des circonstances imprévues l'empêcher d'achever complètement la mise en marche de cette affaire à laquelle il avait consacré trois années de sa vie; et ce ne fut pas sans tristesse qu'il rentra en France, se demandant quel serait son avenir.

Cet avenir, il l'avait préparé par ses œuvres, par la réputation qu'il avait acquise en Russie, par l'estime grandissante qui l'avait entouré partout où il avait travaillé.

Il n'y avait guère plus d'un an qu'il avait été appelé, comme Secrétaire général, à collaborer à la création d'un Comité pour l'étude des questions d'intérêt commun, des mines et usines du midi de la Russie, et déjà cette association devenait l'organisme central des intérêts français dans cette partie de la Russie; le voyant à l'œuvre, deux importantes Sociétés faisaient, l'une après l'autre, appel à lui comme Administrateur ou comme Ingénieur Conseil.

C'est à ce titre qu'il retournait en Russie, il y a quelques semaines, pour prendre en mains la réorganisation des services de l'un des plus grands établissements métallurgiques du sud de la Russie. Il n'y allait pas sans appréhension, lui qui connaissait mieux que nous tous, à quels excès peuvent se porter des ouvriers égarés par les théories les plus subversives. M^me^ Reymond en avait elle-même le sentiment, et avait tenu à être là pour l'encourager, pour le soigner s'il lui arrivait malheur, prouvant ainsi qu'elle avait appris à bonne école ce qu'est le devoir accompli simplement, au péril journalier de la vie.

Celle que nous entourons de notre douloureuse sympathie a eu au moins le suprême privilège d'assister son mari dans ses derniers jours.

Si quelque chose peut aujourd'hui adoucir quelque peu sa propre douleur, ce sont, nous n'en doutons pas, les unanimes regrets de tous ceux qui ont travaillé avec Georges Reymond.

Il était de ces hommes qui savent se faire obéir et respecter, mais qui font mieux, qui savent se faire aimer de tous leurs collaborateurs. Tous voulaient revenir travailler auprès de lui sous sa direction.

C'était, nous écrivait, il y a deux jours, l'un des représentants les plus autorisés en France d'une grande nation étrangère, l'un de vos compatriotes les plus faits pour faire aimer la France à l'étranger.

Si notre ami avait ce don, c'est qu'à tout instant ses pensées

Digitized by Google

s'élevaient au-dessus des petitesses de la vie, pour chercher plus haut l'inspiration de sa conduite. C'est cette ferme confiance en Celui qui conduit tous les événements de notre existence qui a soutenu notre ami pendant les heures difficiles de sa carrière, toute de lutte et de travail; c'est cette foi qui est le suprême appui de cette famille si unie, frappée une fois de plus, dans ses plus chères affections.

---

# DISCOURS

DE

## M. A. FERRÉ

PRÉSIDENT DE L'ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE CENTRALE

---

Mesdames, Messieurs,

C'est avec une poignante émotion que je viens, au nom de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale, rendre un suprême hommage à l'un de ses membres fondateurs, à notre camarade Georges Reymond, qui nous est enlevé si prématurément, dans des circonstances si tragiques.

Il y a moins de deux ans, nous accompagnions la dépouille mortelle de notre vénéré camarade et ami Francisque Reymond, et notre Association, par l'organe de son Président, assurait son fils que nous reporterions sur lui l'affection que nous témoignions à son père.

Hélas! pourquoi faut-il qu'une main criminelle soit venue interrompre si bruquement l'accomplissement d'une promesse qui nous était chère, en frappant en plein avenir le camarade que nous pleurons!!

Georges Reymond était, parmi les jeunes, l'un des plus distingués. Sorti dans les premiers de sa promotion et avec le numéro 1 de sa spécialité, il n'est pas resté longtemps parmi nous; lui avait semblé, avec sa vive intelligence, son activité, son prit d'initiative, qu'il trouverait en pays étranger, au début sa carrière, une situation qui lui conviendrait mieux.

Des voix autorisées vous ont dit ce que fut notre jeune ami ns l'exercice de ses fonctions d'Ingénieur; je n'aurais rien à ajouter, si je n'avais reçu hier soir une lettre dans laquelle le



Digitized by Google

Président du Groupe de la Russie Méridionale s'exprime en ces termes :

« C'est ainsi que, bien qu'ayant parfaitement conscience des
» dangers qu'il courait, Georges Reymond, avec la haute con-
» ception qu'il avait du devoir, a risqué et sacrifié sa vie ; aussi
» nos camarades, pleins d'admiration pour le courage froide-
» ment héroïque dont il a fait preuve, sont-ils fiers de l'avoir
» compté parmi eux, et, en lui disant adieu, lui promettent que
» le grand et noble exemple d'énergie, de courage et d'abnéga-
» tion qu'il leur a donné ne sera pas perdu ! »

Comment, en présence d'une catastrophe si terrible et si imprévue, trouver des paroles de consolation pour adoucir l'immense douleur de ceux que Georges Reymond laisse après lui, de sa jeune et vaillante femme qu'il adorait, de ses enfants en bas âge, de sa chère mère éplorée, frappée pour la seconde fois, en si peu de temps, dans ses plus tendres affections ?

Nous ne pouvons que les prier de recevoir, avec leurs familles, si justement estimées et honorées, l'expression de notre respectueuse sympathie dans le malheur qui les accable.

Noble victime, tombée comme un vaillant soldat sur le champ de bataille, reposez en paix ; vous avez terminé votre tâche et fait votre devoir. A nous d'accomplir le nôtre et il est sacré !

Nous ferons graver votre nom sur le monument élevé, à l'École Centrale, à ses enfants, morts comme vous au champ d'honneur, et ainsi nous perpétuerons votre mémoire.

---

# DISCOURS

DE

## M. E. CORNUAULT

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

---

La Société des Ingénieurs civils de France a le triste devoir de venir rendre un dernier hommage à l'un de ses jeunes et plus brillants membres, Georges Reymond, mort en Russie, victi du devoir professionnel dans les plus dramatiques condition

Georges Reymond était un ancien élève de l'École Centra de la promotion 1893 ; il était membre de notre Société dep 1900. C'était le fils de notre ancien et éminent président, le nateur Reymond, ancien directeur de l'École Centrale.

Digitized by Google

Plutôt que d'accepter de faciles débuts en France, Georges Reymond, en digne fils de son père, voulut, dès sa sortie de l'École Centrale, se faire une carrière et se préparer un avenir.

Après cinq ans passés comme Ingénieur du fond à la Société houillère de Gorlovka, dans le Donetz, il accepta d'aller, pour la Société de la Volga Vichiera, construire une usine métallurgique en plein Oural. Les hauts fourneaux construits, il revint, sans avoir eu la satisfaction de les mettre en feu, mais plus attaché que jamais à cette Russie dont il était arrivé à posséder complètement la langue si difficile.

Après une mission dans le sud de l'Oural, il fut appelé à créer l'exploitation houillère de Nikitovka, et ce fut là, au milieu de la steppe, dans un climat fiévreux, qu'il acheva de s'imposer comme un véritable directeur, à la fois conducteur d'hommes dont il savait se faire aimer et respecter, constructeur intelligent et ingénieux, et exploitant expérimenté.

Ce fut avec regret qu'il rentra à Paris, se demandant s'il allait laisser sans emploi une expérience si complète de la vie industrielle russe; mais, à peine rentré, il fut appelé au poste où se sont affirmées ses grandes qualités d'organisateur. Le Comité pour l'étude des questions d'intérêt commun des mines et usines du midi de la Russie, dont il fut Secrétaire général, lui doit beaucoup et les intérêts français ont trouvé en lui un défenseur énergique, qui n'hésitait pas, dans les assemblées les plus nombreuses, à discuter, en langue russe, contre les adversaires les plus militants.

Appelé aux fonctions d'Ingénieur-Conseil des Aciéries du Donetz, il ne voulut pas refuser d'aller sur place réorganiser les services afin de ne transmettre au nouveau directeur qu'une affaire pleinement reconstituée; et pourtant il ne partait pas sans quelque appréhension, sachant les difficultés de tout genre qu'il rencontrerait; aussi sa courageuse compagne, la digne fille de notre aimé Préfet de police, M. Lépine, qui n'avait pas hésité, cinq ans auparavant, à quitter l'existence brillante de Paris pour la vie en pleine steppe, ne voulut pas qu'il partît seul du moment qu'il allait au danger; il a succombé victime d'une vengeance anonyme, lui qui aimait tant tous ceux qui avaient travaillé à côté de lui!

Au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, Georges Reymond, je vous dis le suprême adieu!

Digitized by Google

# DISCOURS

DE

## M. Louis BAUDET

Mon pauvre ami,

C'est pour moi un devoir doux mais bien triste à accomplir, que d'avoir à représenter ici nos Camarades d'École, et de venir t'adresser un suprême adieu.

La nouvelle de l'attentat révoltant auquel tu as succombé, en accomplissant fermement ton devoir, nous a violemment impressionnés.

Et je suis certain d'être l'interprète de tous nos Camarades, en exprimant ici notre très vive douleur, et le poignant regret que nous laisse ta mort si prématurée.

J'unis ma pensée à celle de ta chère famille, si cruellement frappée, pour pleurer en toi le Camarade le meilleur et le plus dévoué, que ces trois heureuses années passées côte à côte à l'École Centrale m'ont fait connaître, estimer et aimer.

Entré très jeune dans notre chère École, et sorti à notre tête, Georges Reymond nous montra toujours l'exemple, par son assiduité au travail, la netteté de son intelligence et la fermeté de sa volonté.

Et cette volonté si énergique, qui ne s'était jamais démentie parmi nous, était le principe de la grande force morale dont il a fait preuve depuis, dans toutes les circonstances difficiles de sa vie, et jusque devant la mort.

Il avait su se faire aimer de tous ses Camarades, comme plus tard de tous ceux, petits et grands, qui l'ont approché dans son labeur journalier et dans les missions délicates qu'il eut à remplir.

Et la mort brutale, impitoyable, vient de briser dans son plein essor cette vie, précieuse à notre amitié, et dont la France pouvait espérer encore tant d'actif et utile dévouement.

Mon âme est remplie d'une profonde émotion en pensant à ceux parmi lesquels il laisse un vide si cruel.

J'exprime à la pauvre mère, à la vaillante femme de mon cher ami, à ses deux petits enfants, à ceux qu'il a aimés, l'hommage de ma plus douloureuse, de ma plus respectueuse sympathie et de mon entier dévouement.

Digitized by Google

III

## A MONTBRISON

# DISCOURS

DE

**M. CHIALVO**

MAIRE DE MONTBRISON

Ce n'est pas seulement pour apporter un dernier hommage à un enfant du pays, si fidèle dans ses affections au sol natal, si dévoué à ses concitoyens; ce n'est pas seulement pour donner un témoignage de sympathie profonde à deux familles en larmes, que ce long cortège accompagne votre cercueil, mon pauvre Georges, et que celui qui a le devoir de traduire les sentiments de cette population l'accomplit dans des circonstances d'autant plus douloureuses que votre amitié le confondait souvent avec les membres de votre propre famille.

C'est aussi pour attester l'indignation et le mouvement d'unanime réprobation, que la petite patrie ressentit encore plus vivement que la grande — car plus de liens se rompaient en elle — à la nouvelle de l'odieux et aveugle attentat dont vous avez été victime.

Le drame se déroula aussitôt devant tous les yeux dans sa tragique et déconcertante horreur.

A trente-quatre ans, rayonnant d'intelligence, vibrant de jeunesse et de courage, imbu des saines idées de votre éducation, que tout Français digne de ce nom doit aux progrès de la science, à la prospérité et à la grandeur de son pays, toute son activité intellectuelle et physique, vous quittez, sans hésiter, dès que le devoir vous appelle, la terre de France où tout vous souriait, pour aller loin, si loin, que la distance seule découragerait des cœurs moins bien trempés, accomplir la mission dont vous aviez été jugé le plus digne.

Digitized by Google

Vous ignoriez moins que tout autre que cette tâche avait ses dangers; mais sans hésitation vous partez.

L'organisation que l'on avait confiée à votre direction était achevée. Votre mission est terminée, toute une région va être revivifiée. Vous retardez de quelques jours, pour parfaire votre œuvre, votre retour qui doit être un triomphe. Mais un assassin vous guette, apôtre de désorganisation et, de sa main brutale, part la balle qui vous frappe au cerveau et suffit à éteindre ce foyer de vie, d'intelligence et d'activité.

Sur la longue liste des ingénieurs français, morts au champ d'honneur, victimes du devoir, votre nom figurera au premier rang, vous qui avez sacrifié : fortune, repos, famille, au service de votre patrie, pour répandre au loin les bienfaits de la science et de la civilisation.

Car, si c'était par un travail obstiné que M. Georges Reymond triomphait des difficultés matérielles, c'était par la bonté qu'il croyait devoir vaincre les inimitiés que l'ignorance et l'erreur ont pu créer entre différentes classes et que la jalousie entretient.

Cette constatation, que les victimes de ces inqualifiables attentats, qui ne sont pas seulement un crime contre un homme, un deuil dans une famille, mais un crime contre l'humanité, frappent les meilleurs, les plus utiles, les plus dignes de considération et d'estime, ne suffira-t-elle pas à arrêter le bras des criminels?

Nous ne pouvons plus à cette heure, nous qui nous apprêtions à fêter le retour de notre compatriote, que nous incliner devant ce cercueil et présenter nos respectueuses condoléances à ces familles, si douloureusement éprouvées depuis quelques années.

Mais quelles consolations peuvent être apportées à la douleur de cette jeune femme qui voulut partager les dangers de la mission confiée à son mari, mais qui ne pouvait les concevoir aussi terribles qu'ont été les jours d'angoisse et de souffrance qu'elle a vécus?

Ce n'eût rien été, pour un cœur, que tant d'exemples chez les siens, ont empreint d'énergie; ce n'eût rien été de mourir aux côtés de son époux; mais, pour attendre anxieuse, sans succomber à sa douleur, loin des siens et de son pays, l'arrivée de ceux qui pouvaient peut-être sauver son mari, il a fallu une vaillance que le sentiment du devoir et de l'affection ont décuplée.

Que dire aussi, pour sécher ses larmes, à cette mère qui,

Digitized by Google

couverte encore du voile des deuils de son mari et de sa mère, parcourt des milliers de kilomètres, sans une minute de repos, sans un instant de répit dans ses appréhensions, avec l'espoir, hélas! déçu, de ranimer par ses soins maternels son pauvre Georges?

Quelles consolations offrir à ceux qui, malgré la trempe de leurs cœurs d'hommes vaillants, sont terrassés par une pareille calamité? Une telle douleur ne peut être adoucie que par d'éternelles espérances. Et moi qui ne peux croire qu'une intelligence que j'ai vu briller si vive soit éteinte brusquement, pour ne jamais se ranimer, moi qui suis persuadé que déjà vous avez retrouvé ce père adoré dont vous ne pouviez entendre prononcer le nom sans qu'une larme vînt mouiller vos paupières; cette vieille grand-mère dont vous avez été la joie et l'orgueil, c'est avec confiance que je vous dis : « Mon pauvre Georges, au revoir ! »

---

Digitized by Google

# CHRONIQUE

## N° 327.

---

Sommaire : Le chemin de fer de Tehuantepec *(suite et fin)*. — Locomotives à vapeur sur chauffée. — Puissants moteurs hydrauliques. — Emploi de l'alcool pour les moteurs agricoles. — Le nettoyage des gaz de hauts fourneaux.

**Le chemin de fer de Tehuantepec** *(suite et fin)*. — Dans la construction du chemin de fer dans les régions tropicales, une des difficultés les plus sérieuses provient de la végétation luxuriante qui, sous l'action d'une température élevée, envahit le sol et, si on ne s'y oppose, s'élève à une hauteur telle qu'elle arrête tout trafic. La voie finit par être transformée en une véritable jungle; aussi est-on conduit à faire, au chemin de fer de Tehuantepec, usage de composés chimiques dont on arrose la plate-forme, et qui tuent les plantes et sont même assez corrosifs pour brûler les racines.

Le tracé de la ligne dont nous parlons traverse une des parties les plus pittoresques du Mexique; il est bordé de forêts et de jungles où la végétation tropicale se développe dans toute sa splendeur; le sifflet de la locomotive fait envoler des nuées d'oiseaux aux vives couleurs; parfois la voie est bordée de plantations de café, de bananes, de caoutchouc peuplées d'ouvriers de toute race, Chinois, Japonais, nègres ou indigènes; on y rencontre des villages composés de huttes couvertes de palmes devant lesquelles les familles de péons qui les habitent, vêtues de la manière la plus sommaire, jouissent à l'ombre du *dolce far niente*, sans se soucier du lendemain.

Une des parties les plus curieuses de la ligne est la ville de Tehuantepec, renommée pour ses tremblements de terre et la beauté de ses femmes. Quiconque, paraît-il, a subi les uns ou vu les autres, ne saurait les oublier. A la station de Rincon Antonio, à peu près au milieu du parcours, sont les ateliers et remises de machines et des logements pour les ouvriers. Ces divers bâtiments sont établis solidement, à la mode anglaise; ils ont coûté très cher.

Les travaux à la mer, sur la côte du Pacifique, ont été beaucoup plus importants et plus dispendieux que ceux qui ont été exécutés à Coatzacoalcos. Il n'y avait pas de port naturel, seulement une rade foraine et pas de rivière pour former l'amorce du port, comme sur l'Atlantique. Il a donc fallu créer le port de toutes pièces, c'est-à-dire le creuser et l'abriter par deux immenses jetées poussées très avant dans la mer. Ces jetées forment un avant-port de 8 ha environ de superficie. Le port intérieur a été creusé entièrement à la drague et mesure 900 m de longueur sur 210 de largeur. On a construit à Salinas-Cruz un grand wharf en maçonnerie et six autres en charpente métallique dont quatre sont

Digitized by Google

déjà achevés et mis en service. Les grues sont munies d'appareils de déchargement à manœuvre électrique desservant les navires, les wagons et les magasins.

Ces travaux ont été exécutés dans des conditions très difficiles, car Salinas-Cruz est une localité sujette aux tempêtes et l'entreprise Pearson a eu à subir un tremblement de terre et un raz de marée pendant lequel elle a perdu une grue Titan et subi d'autres dommages importants.

On devait terminer pour le commencement de 1907 une grande forme sèche entièrement creusée dans le roc. Les dimensions de cet ouvrage sont : longueur 192 m, largeur 21,40 m, et profondeur 17,30 m, et permettront de recevoir les plus grands navires qui naviguent actuellement sur le Pacifique. Ces travaux ont occupé plus de mille ouvriers appartenant à toutes les nationalités et dirigés par des contremaîtres anglais et américains.

Ainsi équipé, Salinas-Cruz constituera un port susceptible d'un trafic considérable, lorsque le chemin de fer sera en exploitation, ce qui doit avoir lieu dès le début de cette année. Le Gouvernement mexicain n'a rien épargné pour faire de la ville une cité saine et confortable. Elle a de beaux édifices publics, distribution d'eau, éclairage électrique, égouts, pavage, etc., tous ces travaux exécutés ou en cours d'exécution.

La voie de transit entre les deux océans et ses ports d'accès étant achevée, l'alimentation devra en être assurée. Déjà l'année dernière une ligne de navigation, la Chinese Commercial Steamship C°, a fait un service régulier sur Salinas-Cruz, transportant non seulement des marchandises à destination du Mexique et des États-Unis, mais aussi un grand nombre de coolies pour les plantations de l'isthme et le Mexique méridional où la main-d'œuvre manque toujours.

En ce moment, les Union Iron Works, à San-Francisco, terminent trois nouveaux steamers pour l'American Hawaiian Steamship C°, devant desservir la ligne que cette Compagnie se propose d'établir entre New-York et Honolulu avec raccordement avec le chemin de fer de Tehuantepec. Elle a déjà en service neuf vapeurs entre New-York et Hawaii, par le détroit de Magellan. Ces navires ont des tonnages de 6 000 à 12 000 tx et les nouveaux seront à peu près semblables.

La Compagnie compte inaugurer d'abord deux lignes : une entre New-York et Honolulu, et l'autre pour faire le service de la côte entre Salinas-Cruz et les ports des États-Unis sur le Pacifique, San-Diego, San-Francisco, Seattle et Vancouver. Deux steamers de 6 000 tx seront affectés à ce service. Les six vapeurs de 12 000 tx desserviront la partie du Pacifique de la ligne Honolulu New-York et les quatre de 8 000 tx la partie de la ligne sur l'Atlantique. Dans cette partie, les navires partant de New-York toucheront à Philadelphie et à New-Orléans avant de desservir Coatzacoalcos ; de même, sur le Pacifique, en partant de Salinas-Cruz, ils toucheront aux divers ports indiqués plus haut avant de se diriger sur Honolulu. Au retour, ils iront directement de Honolulu à Salinas-Cruz et de Coatzacoalcos à New-Orléans ou Philadelphie, selon le port de consignation des marchandises.

Il est difficile d'estimer dès à présent l'importance du tonnage que

Digitized by Google

l'American Hawaiian C° pourra fournir au chemin de fer de Tehuantepec; mais comme cette Compagnie a un contrat avec les sucreries d'Hawaii pour le transport de leurs produits, il est certain que le chemin de fer peut compter sur la totalité des sucres envoyés de ces iles à New-Orléans et à Philadelphie. Or, l'année dernière, la production du sucre des iles s'est élevée à 430 000 t dont 230 000 ont été raffinées à San-Francisco, 100 000 expédiées à Philadelphie par le détroit de Magellan et 100 000 ayant franchi le continent par les voies ferrées transcontinentales. On estime que la récolte sera encore plus abondante cette année et que tout le sucre qui était autrefois envoyé par rails de San-Francisco dans l'est des États-Unis de même que celui qui passe par le cap Horn prendront la voie ferrée de Tehuantepec. On pourrait ainsi compter de ce chef sur un transport de l'ouest à l'est d'au moins 200 000 t. Il est difficile de dire quel sera celui dans le sens inverse, mais on peut supposer qu'il ne tardera pas à devenir important dès que le commerce aura pu constater que cette voie offre des prix de transport modérés, et une rapidité très satisfaisante.

Il est intéressant de faire remarquer que le contrat entre l'American Hawaiian C° et le chemin de fer de Tehuantepec n'est pas établi pour une durée définie, mais doit durer jusqu'à l'ouverture du canal de Panama. Or, dans les conditions dans lesquelles se poursuit l'exécution de ce travail, il semble que le chemin de fer de Tehuantepec a encore devant lui pas mal d'années d'exploitation assurees sans concurrence.

Quoi qu'il en soit, le raccourcissement de parcours que donne cette ligne sur la route pàr Panama est de 1 230 milles. Si on estime à 10 milles la vitesse moyenne des vapeurs de charge, on arrive à un gain de cinq jours, ou, supposant que la durée du passage de l'isthme soit la même dans les deux cas, si on compte un jour de plus pour le double transbordement des marchandises, par Tehuantepec il restera un avantage de quatre jours qui seront un bénéfice net, si on estime les frais au même chiffre dans les deux cas.

Le tarif de première classe pour les voyageurs est de 4 cents, soit 0,20 f par kilomètre, et de 0.10 f pour la troisième classe. Les marchandises de première catégorie payent 0,40 f par kilomètre et le tarif minimum est de 0,15 f. Ces chiffres doivent être comptés en monnaie d'argent qui vaut actuellement la moitié de la monnaie d'or, de sorte que ces prix sont très raisonnables. Dans ces conditions, on peut supposer que, même une fois le canal de Panama ouvert, le chemin de fer de Tehuantepec pourra soutenir sa concurrence, si les tarifs du canal sont ceux de Suez où les marchandises payent 8,75 f par tonne pour le transit.

Un avantage de la voie dont nous nous occupons ici est qu'il n'y a aucune formalité consulaire ou de douane à remplir. Une tonne de coton peut aller de New-Orléans à Hong-Kong sans aucune des entraves que rencontre généralement le commerce maritime. La marchandise débarque directement à Coatzacoalcos du navire sur les wagons du chemin de fer et quelques heures plus tard elle passe des wagons sur le vapeur en charge pour la Chine et tout est dit.

Il sera intéressant de suivre les résultats pratiques que donnera cette

Digitized by Google

nouvelle voie de communication interocéanique exécutée avec persévérance et sans bruit au milieu du fracas des discussions soulevées par la question du canal de Panama.

**Locomotives à vapeur surchauffée.** — L'emploi de la vapeur surchauffée continue à se répandre dans les locomotives, car, d'après des renseignements tout récents, il y aurait déjà en Europe 1 600 locomotives environ munies de surchauffeurs, dont une grande partie sur les chemins de fer de l'Etat prussien qui ont, comme on sait, pris l'initiative de cette application. En Amérique, on compte 260 locomotives à vapeur surchauffée, en service ou en construction ; 200 appartiennent au Canadian Pacific, dont 150 en service et 50 en construction. Les surchauffeurs employés aux États-Unis et au Canada appartiennent, pour la plus grande partie, au système employé par l'American Locomotive C° où le surchauffeur est constitué par des tubes repliés sur eux-mêmes et contenus dans des tubes à fumée de plus grand diamètre que les tubes ordinaires et placés dans le faisceau tubulaire au-dessus des tubes ordinaires. Ce système présente, à part la position des gros tubes, une grande analogie avec une disposition proposée il y a plus de cinquante ans et que nous avons décrite dans la Chronique de décembre 1906, page 860.

Les ateliers Baldwin ont récemment construit un appareil de surchauffe placé dans la boite à fumée et utilisant seulement la chaleur perdue des gaz de la combustion. Ils l'ont appliqué à une grosse machine à cinq essieux couplés pour le chemin de fer de Santa-Fé et à une autre du même système pour la Pittsburgh Shawmut and Northern Railroad.

Cette dernière a des cylindres de $0,711 \times 0,813$ m et des roues de 1,448 m. Avec une pression à la chaudière de 11,4 kg, l'effort de traction peut atteindre 27 000 kg. Les constructeurs ne se proposent de surchauffer la vapeur qu'autant qu'il faut pour assurer sa siccité et ne cherchent pas à obtenir d'autre économie que celle qui résulte de la suppression de l'eau entraînée. Les expériences faites sur la ligne de Santa-Fé ont montré qu'on réalise seulement une surchauffe de 15 à 20 degrés centigrades et une économie correspondante d'environ 5 0/0 par rapport à la vapeur saturée ou légèrement humide. De plus, le séchage de la vapeur présente certains avantages très appréciables en dehors de l'économie de combustible, avec des eaux qui tendent à mousser dans les chaudières. La maison Baldwin a, dans l'application dont nous parlons, suivi les idées de l'Ingénieur allemand Garbe en abaissant la pression et donnant de fortes dimensions aux cylindres.

Le surchauffeur employé se compose d'une quantité de tubes cintrés suivant la courbure de la paroi de la boite à fumée placée contre celle-ci. Il y a en réalité deux surchauffeurs, un de chaque côté et pour chaque cylindre. Chaque faisceau aboutit à deux boites, l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure; ces boites forment deux capacités séparées; la vapeur de la chaudière arrive dans la première capacité de la boite supérieure, passe, par les tubes, dans la première capacité de la boite inférieure, de là remonte par l'autre demi-faisceau dans la seconde

Digitized by Google

partie de la boîte supérieure, et passe par l'autre demi-faisceau dans la seconde moitié de la boîte inférieure qui communique avec les cylindres de ce bord.

La boîte à fumée est très longue (2,75 m), de sorte qu'on peut y loger beaucoup de tubes. La surface totale des deux surchauffeurs est ainsi de 67,14 m², valeur très supérieure à celle qu'on obtient avec les surchauffeurs à chauffage direct; ceux-ci donnent, il est vrai, une surchauffe beaucoup plus élevée, quatre fois au moins, et une économie proportionnelle, mais au prix de difficultés de diverses natures dont on ne paraît pas avoir encore entièrement triomphé aux État-Unis. La locomotive dont nous parlons a 5,44 m² de surface de grille, 19,53 de surface de chauffe directe, 426,50 de surface tubulaire, ce qui donne une surface totale de 446 m². Cette machine pèse, en service, 130 500 kg, dont 106 500 sur les essieux accouplés à raison de 21 300 kg sur chaque et 12 000 sur chacun des deux essieux porteurs placés l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Le tender pèse 73 500 kg avec 12 000 kg de charbon et 30 000 kg d'eau, ce qui donne pour l'ensemble de la machine et du tender le poids très respectable de 204 000 kg. Ajoutons que la distribution est du type Walschaerts qui tend à se répandre rapidement aux États-Unis.

D'après les rapports de l'American Railway Master Mechanics' Association, les essais de surchauffeurs faits sur le Canadian Pacific indiquent une surchauffe moyenne de 50 degrés centigrades pour un des types de machines et de 25 seulement pour l'autre, mais on espère obtenir, avec des appareils améliorés en cours d'exécution, des surchauffes supérieures. La difficulté avec les surchauffeurs logés dans les tubes à fumée est que le passage déjà très restreint laissé aux gaz de la combustion s'obstrue rapidement et que les résultats qui sont favorables au début deviennent de plus en plus médiocres, jusqu'à ce qu'on ait procédé au nettoyage des tubes.

Avec une machine à voyageurs du Delaware Lackawanna and Western Railroad, brûlant de l'anthracite, on a constaté que les surfaces de chauffe ne se couvraient pas de suie et de cendres, mais, malgré ces conditions favorables, la surchauffe de la vapeur ne dépassait pas 60 degrés centigrades et l'économie correspondante de combustible 18 0/0. L'essai fait avec le surchauffeur Cole, sur le Boston and Maine Railroad avec du charbon gras a indiqué une surchauffe d'environ 55 degrés centigrades et l'économie par tonne-kilomètre a été trouvée de 15 0/0. Ces chiffres sont notablement inférieurs à ceux qui ont été réalisés en Allemagne, où la surchauffe atteint 83 degrés centigrades. Les essais faits à Saint-Louis avec l'appareil Pielock ont donné des surchauffes de 88 à 105 degrés et on pourrait atteindre 110 à 150 degrés.

Une difficulté dont il faut tenir compte avec la vapeur surchauffée est le graissage des tiroirs et des cylindres. Les rapports sur les essais du Lackawanna, où la surchauffe ne dépassait pas une cinquantaine de degrés, ont montré que la consommation des matières pour le graissage des tiroirs et pistons était considérable et que néanmoins ces organes éprouvaient une forte usure et devaient être remplacés rapidement.

De plus, si un graissage effectif n'est pas assuré, le mécanisme de

Digitized by Google

commande des tiroirs éprouve lui-même une usure très notable, et finalement on arrive à perdre de divers côtés plus qu'on ne gagne par le surchauffage. On a proposé d'installer des appareils pour effectuer le graissage sous pression, mais il ne semble pas que ces appareils aient réussi jusqu'ici en Amérique, et on est toujours réduit à l'emploi des graisseurs des systèmes ordinaires.

Sur le Canadian Pacific, où on se sert de surchauffeurs Schmidt et où la vapeur atteint une température de 370 degrés centigrades, on a constaté que les huiles ordinaires ne convenaient pas pour le graissage des tiroirs et que les garnitures des tiges de tiroirs fondaient. En Allemagne, où on surchauffe la vapeur à des températures élevées, M. Schmidt a étudié des dispositions spéciales de garnitures qui se prêtent automatiquement aux effets de dilatation dus à ces températures, mais en Amérique on ne s'est pas préoccupé, jusqu'ici, de modifier les tiroirs cylindriques pour les adapter à ces conditions de fonctionnement. Il est bien probable que ce sont ces diverses difficultés qui ont empêché un développement plus rapide de la surchauffe de l'autre côté de l'Atlantique et qui ont dicté la réserve que la maison Baldwin a gardée vis-à-vis des températures élevées de surchauffe.

Pour obtenir le meilleur résultat possible au point de vue économique d'une surchauffe de 100 à 150 degrés centigrades, il est nécessaire d'apporter la plus grande attention à la question du graissage et de disposer l'appareil de surchauffe de manière qu'il puisse être débarrassé facilement et régulièrement de la suie et des cendres qui recouvrent bientôt les surfaces. Le cas est le même que celui des tubes à ailerons employés en France; pour conserver l'efficacité des surfaces il faut les nettoyer à chaque voyage, ce qui constitue une sujétion désagréable et une objection à l'emploi de ces tubes. Il est possible que pour les surchauffeurs ce genre de considération entre pour quelque chose dans le choix à faire d'un système.

La disposition de Pielock échappe à cette objection, les tubes de l'appareil sont dans les mêmes conditions que les tubes de vaporisation et on peut obtenir avec ce système les mêmes températures qu'avec n'importe lequel des autres. On peut admettre qu'un surchauffeur établi sur ce principe, avec des tiroirs à pistons et des garnitures disposées pour fonctionner avec de la vapeur à haute température, et un graissage sous pression avec des huiles résistant à la chaleur, fera beaucoup pour un développement rapide, aux États-Unis, de l'emploi de la surchauffe sur les locomotives. Nous extrayons ce qui précède du *Railway Age* auquel nous laissons la responsabilité de ces appréciations.

Nous pouvons ajouter que l'Institut Carnegie, de Washington, vient de mettre à la disposition du professeur W. F. M. Goss, de l'Université de Purdue, une somme de 15 000 f pendant quatre ans, pour faire, dans le laboratoire de mécanique de cette université, des recherches pratiques sur l'effet de la surchauffe dans les locomotives. Ces recherches devront porter d'abord sur l'emploi de la surchauffe avec l'expansion simple, puis sur son emploi dans les locomotives à double expansion. La subvention dont nous parlons viendra s'ajouter, pour ce but spécial, aux larges ressources dont jouit déjà le laboratoire de mécanique de l'Uni-

Digitized by Google

versité de Purdue où le professeur Goss a déjà mené à bien d'intéressantes recherches dont nous avons eu occasion de citer ici quelques-unes.

**Puissants moteurs hydrauliques.** — Les moteurs hydrauliques les plus puissants qui aient été construits jusqu'ici sont probablement des roues Pelton développant 12000 ch chacune et établies pour actionner les dynamos d'une station électrique à Vallecito, sur la rivière Stanislaus, en Californie. La chute est de 427 m.

Il y a pour le moment trois roues dont chacune actionne une génératrice de 6700 kilowatts. Chaque moteur se compose de deux roues Pelton dont chacune est à l'extrémité d'un arbre dont la partie tournante de la génératrice d'électricité occupe le milieu. Ces roues se composent d'un disque en acier coulé à la périphérie duquel les godets, également en acier coulé, sont fixés par des boulons en acier tournés et forcés à la presse hydraulique dans des trous alésés. L'arbre creux, en acier au nickel, a 8,54 m de longueur, son diamètre est au centre qui reçoit la partie tournante de la dynamo, de 0,508 m et ses extrémités de 0,412 m. Les disques des roues et la dynamo sont calés sur l'arbre sous une pression de 100 t. Les tourillons de l'arbre ont 0,412 m de diamètre et 1,52 m de longueur. L'eau circule à l'intérieur, le graissage se fait sous pression et des indicateurs électriques sont disposés sur les paliers pour signaler une élévation excessive de température. Les injecteurs sont en acier fondu, les appareils de réglage de l'eau sont mus par de petites roues Pelton commandées électriquement depuis le tableau de distribution. Le courant doit être envoyé à San Francisco pour être employé dans des mines, notamment celles de la vallée de San Joaquin.

**Emploi de l'alcool pour les moteurs agricoles.** — Le Département de l'Agriculture des États-Unis avait chargé l'année dernière une Commission de faire des expériences sur l'emploi comparatif de l'alcool et de la gazoline dans des moteurs à combustion intérieure de faibles dimensions pouvant être employés pour les usages agricoles. Un rapport préliminaire contenant le résumé des expériences et les conclusions auxquelles a été conduit la Commission vient de paraitre et le rapport complet sera publié dans quelques mois. Nous croyons intéressant de donner ici les conclusions d'après un résumé du rapport préliminaire que nous trouvons dans l'*Iron Age* du 28 février dernier.

Les conclusions qui suivent relativement à l'emploi de l'alcool dans les moteurs sont basées sur les résultats des expériences faites par la Commission, sur ceux des expériences faites en Europe, sur des recherches exposées au cours du rapport et sur les connaissances personnelles des membres de la Commission.

1. Toute machine existant actuellement sur le marché américain et fonctionnant avec de la gasoline ou du kérosène, peut fonctionner avec de l'alcool sans aucun changement dans la construction et avec une manipulation appropriée.

Digitized by Google

2. L'alcool a approximativement 60 0/0 de la puissance calorifique de la gazoline à poids égal et, dans les expériences du Département de l'Agriculture, un moteur de faibles dimensions dépense 1,8 fois autant d'alcool que de gazoline par unité de puissance. Ce rapport correspond très sensiblement avec le rapport des pouvoirs calorifiques, ce qui indique une efficacité égale pour les deux liquides quand la vaporisation est complète.

3. Dans certains cas, les carburateurs employés pour la gasoline ne vaporisent pas la totalité de l'alcool et alors la dépense en excès d'alcool dépasse la proportion indiquée ci-dessus.

4. L'excès de dépense avec l'alcool peut être réduit par certaines modifications susceptibles d'accroître le rendement thermique du moteur.

5. On peut augmenter le rendement thermique des moteurs, lorsqu'ils fonctionnent à l'alcool, d'abord par des changements dans la disposition des carburateurs pour rendre la vaporisation complète et ensuite en augmentant d'une manière assez notable la compression.

6. Une machine établie pour marcher avec de la gasoline ou du kérosène peut, sans changement matériel pour la faire marcher avec de l'alcool, développer un peu plus de travail (environ 10 0/0) qu'avec les autres liquides indiqués ci-dessus, mais cette augmentation de travail donne lieu à une plus grande consommation du liquide combustible. Avec quelques changements dans la construction du moteur, on peut porter à 20 0/0 l'accroissement du travail développé avec l'alcool.

7. Cet accroissement de puissance d'un moteur de dimensions données permet de vendre les moteurs à alcool un peu moins cher, à puissance égale, que les moteurs fonctionnant avec de la gasoline ou du kérosène.

8. Les différents systèmes de machines employant la gasoline ou le kérosène peuvent tous employer l'alcool, mais ils ne l'emploieront pas tous avec les mêmes avantages.

9. L'emmagasinement de l'alcool et son emploi dans les moteurs présentent beaucoup moins de dangers que pour la gasoline et sont moins sujets à désagrément.

10. L'échappement d'un moteur à alcool est beaucoup moins gênant que celui d'un moteur à gasoline ou à kérosène, bien qu'il présente encore une certaine odeur due aux matières de graissage et à une combustion imparfaite amenée par un défaut de soin dans la conduite de la machine.

11. Il n'est pas plus difficile de conduire une machine à alcool qu'une à gasoline ou à kérosène.

12. Il n'y a aucune raison de supposer que l'entretien et le graissage coûtent plus avec l'emploi de l'alcool qu'avec celui des deux autres liquides.

13. L'alcool ne paraît pas devoir encrasser l'intérieur des machines comme le font la gasoline ou le kérosène.

14. Avec quelque attention dans la conduite des machines, il ne paraît pas que l'alcool puisse produire de corrosion sur les parties intérieures.

15. Le fait que la température de l'échappement est moins élevée

Digitized by Google

avec l'alcool semble indiquer qu'il y a avec ce liquide moins de chances d'incendie, moins d'inconvénient au voisinage du tuyau d'échappement et moins de chances de combustion de l'huile de graissage. Ce dernier point est confirmé par le fait que les gaz d'échappement sont moins fumeux.

16. Dans les localités où on trouve facilement de l'alcool brut destiné à subir la dénaturation, et où il est relativement difficile de se procurer de la gasoline ou du kérosène, l'alcool peut immédiatement remplacer ces liquides avec avantage.

17. Si, plus tard, les prix du kérosène et de ses dérivés viennent à s'élever par suite de l'appauvrissement des champs de production, le moteur à alcool deviendra un concurrent de plus en plus sérieux et finira peut-être même par supplanter entièrement les moteurs à gazoline ou à kérosène.

18. A cause de sa plus grande sécurité, l'alcool doit remplacer immédiatement les deux autres liquides pour les applications à la navigation.

19. Pour des raisons de propreté, de sécurité et d'innocuité pour l'échappement, les moteurs à alcool devront remplacer les moteurs à gazoline sur les automobiles, mais seulement dans les cas où la question du coût est secondaire. Pour cette application, il n'est pas possible de donner autant de compression qu'il serait nécessaire et cela à cause du démarrage : il n'est pas facile dans ce cas d'accroître le rendement comme pour les autres applications.

20. Dans beaucoup de localités, il n'est pas improbable que l'alcool devienne, d'ici à quelque temps, aussi bon marché si ce n'est même moins cher que la gasoline.

Nous trouvons dans le rapport des renseignements intéressants sur les résultats pratiques donnés par l'alcool en Allemagne.

Le professeur Strecker, de Leipzig, a adressé une circulaire à cent-vingt fermiers allemands qui se servent de moteurs à alcool pour les travaux agricoles. Ils emploient cent vingt moteurs provenant de trois constructeurs différents et variant de puissance entre 6 et 25 ch. Ces moteurs travaillent plus ou moins longtemps dans le cours de l'année, le maximum étant de 2 500 heures, le minimum de 324 et la moyenne de 996.

La première question adressée à ces fermiers portait sur le travail que les moteurs à alcool étaient capables de faire par rapport aux machines qu'ils avaient remplacées, pour la même puissance nominale. 46 0/0 ont estimé que le travail était le même, 47 0/0 que le travail était supérieur et seulement 4 0/0 l'ont trouvé inférieur, mais en ajoutant que cela tenait à ce que les moteurs à vapeur employés précédemment étaient plus faciles à faire marcher régulièrement.

La seconde question concernait la dépense de combustible. La consommation moyenne par cheval-heure au frein, pour la machine à vapeur, étant estimée à 4,3 kg plus 45 kg par jour pour l'allumage. Le charbon coûtait en moyenne 26 f la tonne. L'alcool employé dans les moteurs était de nature variable. Ainsi, dans 19 0/0 des cas, on se servait d'alcool allemand dénaturé et, dans 81 0/0, d'un mélange d'alcool

Digitized by Google

avec 20 0/0 de benzol. La consommation a varié de 1,1 l par cheval-heure au frein à 0,43 l au minimum, la moyenne étant de 0,57 l.

L'alcool dénaturé coûtait, à ce moment, 21,25 f l'hectolitre, et le benzol 26,75 f. Le mélange d'alcool avec 20 0/0 de benzol coûtait donc 23.35 f l'hectolitre. Les dépenses comparatives ressortent donc pour la vapeur à 4,28 kg à 26 f la tonne, soit 0,111 f par cheval-heure et, pour l'alcool, à 0,57 $\times$ 0,2235 f, soit 0,127 f. L'alcool a donc une légère infériorité, mais il faudrait tenir compte de la dépense spéciale d'allumage avec la machine à vapeur, de plus, le liquide est plus facile à manipuler que le charbon et il n'y a pas besoin d'un ouvrier spécial pour le service du moteur à alcool. Quant à l'entretien, sur les cent vingt agriculteurs consultés, 9 0/0 ont trouvé qu'il était plus coûteux avec le moteur à alcool, 34 0/0 ont trouvé qu'il était le même dans les deux cas et 57 0/0 l'ont jugé moindre pour le moteur à alcool. Une constatation intéressante résultant de l'enquête est que le moteur à alcool peut fonctionner par tous les temps, même avec des températures de — 10° C. Toute personne d'intelligence ordinaire peut apprendre sans la moindre difficulté la mise en marche et la surveillance de ces machines.

Il est assez difficile de savoir d'une manière un peu exacte le nombre de moteurs de ce genre en usage en Europe. Il semble, d'après des renseignements sérieux, qu'il y en aurait de 5000 à 6000 en Allemagne. Si on considère qu'il y a aux États-Unis un grand nombre de constructeurs de moteurs à kérosène et à gasoline, dont un est installé pour livrer 425 moteurs par jour, il n'est pas douteux que, lorsque le prix de l'alcool ne sera plus un trop grand obstacle à son emploi, les moteurs de ce genre se multiplieront rapidement et d'autant plus facilement qu'il n'y aura pas de changements matériels importants à apporter à la construction, ce qui serait un obstacle sérieux s'il avait fallu établir de nouveaux modèles.

**Le nettoyage des gaz de hauts fourneaux.** — M. H. G. Scott, des forges d'Ormesby, à Middlesbrough, a présenté le 19 janvier dernier, à la Cleveland Institution of Engineers, une communication sur la question du nettoyage des gaz de hauts fourneaux, communication qui a été suivie d'une discussion très développée. Nous en donnons ci-après un résumé succinct d'après l'*Iron and Coal Trades Review*.

L'auteur rappelle d'abord que le haut fourneau, en réduisant le minerai de fer pour en extraire le métal sous forme de fonte, produit une quantité considérable de gaz combustibles qui, à l'origine, s'échappaient par le gueulard sans être utilisés. Actuellement, on recueille ces gaz à la partie supérieure du haut fourneau et on les amène au niveau du sol ou à peu près, par une grosse conduite métallique. La pression à laquelle se trouvent ces gaz est variable suivant la pression du vent aux tuyères, le degré de porosité des matériaux entrant dans la construction du fourneau et diverses autres conditions. A Ormesby, cette pression ne dépasse pas 90 mm d'eau. On peut, d'ailleurs, la régler par une soupape de sûreté placée à la partie supérieure du fourneau. La température des gaz à la base de la conduite descendante, pour une marche normale de l'appareil, peut être admise comme étant comprise entre



Digitized by Google

290 et 380 degrés centigrades. Ces gaz, par suite de la vitesse qu'ils possèdent à la sortie du haut fourneau, entrainent avec eux une certaine quantité de poussières empruntées aux matières qui s'y trouvent. La proportion de ces poussières varie dans une large mesure, elle va de 3,5 g à 8 par mètre cube de gaz.

A Ormesby, le chiffre moyen est de 5 g, on peut le prendre comme normal pour les fourneaux marchant avec des minerais de Cleveland. Or la question de l'enlèvement de ces poussières des gaz qui les contiennent est d'une importance très réelle.

On peut employer les gaz dont nous parlons à plusieurs usages : 1° à chauffer l'air pour le soufflage des hauts fourneaux; 2° à chauffer des chaudières pour produire de la vapeur, et 3° à faire fonctionner des moteurs à gaz.

On peut facilement se rendre compte de la quantité de gaz produit par un haut fourneau, en multipliant le poids du coke consommé par le chiffre 6. Ainsi, un haut fourneau brûlant 22,5 q de coke par tonne de fonte produirait $22{,}5 \times 6 = 136$ q ou 15 120 l de gaz par tonne de fonte. Ces gaz brûlent facilement dans les fours à chauffer le vent ou sous les chaudières avec 1 d'air pour 1,4 de gaz, mais en pratique, il est bon d'ajouter 20 à 40 0/0 d'air. On trouve aujourd'hui qu'après chauffage de l'air, on peut obtenir avec des moteurs à gaz la force nécessaire pour le soufflage des fourneaux et avoir encore 27 0/0 du gaz disponible pour des usages extérieurs.

Avec du charbon à 15 f la tonne, on peut admettre pour la valeur de ce surplus, en admettant que ces arrangements existassent sur tous les fourneaux du district de Cleveland, un total de 12,5 millions de francs par an.

Au début les constructeurs de moteurs à gaz de hauts fourneaux crurent pouvoir se dispenser de nettoyer ces gaz, mais des difficultés sérieuses rencontrées notamment aux usines de Differdange, firent reconnaitre qu'il était nécessaire de réduire la proportion des poussières à un maximum de 0,5 g par mètre cube de gaz.

En 1902, MM. Cochran et C^ie^, des forges d'Ormesby, abaissèrent cette proportion à 0,4 g et cette proportion fut encore trouvée trop élevée, ils sont arrivés aujourd'hui à ne pas admettre plus de 0,025 g par mètre cube. Avec des porportions aussi faibles, on n'éprouve aucune difficulté dans la marche des moteurs et les parties intérieures de ceux-ci peuvent être maintenues aussi nettes que celles d'un moteur à vapeur.

On lave les gaz avec de l'eau amenée à un état de grande division. On a reconnu que, si on fait passer les gaz dans un ventilateur ordinaire dont les ailes sont recouvertes d'une mince couche d'eau, les gaz perdent les poussières qu'ils contiennent. Le ventilateur a généralement pour objet de produire une pression ou une dépression sur les gaz pour les déplacer, et ce qu'on veut, dans le cas dont il s'agit, c'est seulement de diviser l'eau sans amener un changement notable de pression. Un appareil de ce genre a été étudié par M. Theisen et il est actuellement employé à Ormesby.

On a beaucoup discuté sur les conséquences de la présence d'humidité dans les gaz des hauts fourneaux. On la considère généralement

Digitized by Google

comme fâcheuse, lorsque les gaz sont employés à chauffer des fours à vent ou des chaudières, tandis que certaines personnes pensent qu'elle est plutôt avantageuse si les gaz servent à actionner des moteurs à explosion. L'auteur est d'un avis contraire et croit qu'il est désirable que les gaz soient plutôt secs. L'allumage est quelquefois rendu difficile au départ par la présence d'eau sur les organes d'inflammation par l'électricité. M. Theisen prétend que son appareil, loin de rendre les gaz humides, tend plutôt à les dessécher. Les gaz en sortent pour aller directement aux moteurs sans avoir à subir d'autre traitement; ils sont refroidis avant le lavage, simplement par leur passage dans une conduite de 400 m environ de longueur. Le travail moteur nécessaire pour le nettoyage peut être évalué à 3 0/0 du travail fourni par les gaz dans les moteurs.

En somme le refroidissement des gaz et leur nettoyage très complet sont d'une nécessité très sérieuse dans le cas de l'emploi dans les moteurs à explosion, mais ont beaucoup moins d'importance si on se sert des gaz pour les fours à chauffer le vent ou les chaudières, le refroidissement toutefois amène, dans ce dernier cas, une notable perte de calorique. On peut admettre que si on refroidit les gaz de 300 à 15 degrés centigrades, la perte est d'environ 20 0/0. Des expériences faites récemment dans des établissements autres que ceux de l'auteur ont confirmé ce fait, que le nettoyage des gaz employés au chauffage amène une perte de 20 0/0 de calorique contenu par rapport aux gaz employés directement sans épuration préalable.

On peut estimer à 27 500 f la dépense annuelle nécessaire pour l'épuration de 7 500 m³ de gaz à l'heure. Un haut fourneau produisant 130 t de fonte par vingt-quatre heures en brûlant 1 125 kg de coke par tonne de fonte, donnerait trois fois et demie le volume de gaz indiqué plus haut. S'il fallait épurer la totalité de ces gaz, la dépense s'élèverait donc à tout près de 100 000 f par an, chiffre excessif qui ne pourrait être admis que dans le cas de l'utilisation des gaz par des moteurs. Les partisans de l'épuration des gaz pour le chauffage répondent que, pour cette application, le nettoyage est bien moins coûteux, puisqu'il suffit d'abaisser à 0,5 g la proportion par mètre cube des poussières. L'auteur n'en est pas moins porté à conclure que l'épuration des gaz pour le chauffage est trop onéreuse et que, d'ailleurs, il n'est pas nécessaire, mais que, pour les moteurs à explosion, il est indispensable de nettoyer les gaz des hauts fourneaux jusqu'à ce qu'ils ne présentent pas une proportion de poussières supérieure à 0,0025 g par mètre cube.

La discussion qui a suivi la communication de M. Scott a donné lieu à quelques observations intéressantes. L'avantage à retirer de l'emploi du gaz des hauts fourneaux pour la production de la force motrice dans des moteurs à explosion ne fait pas de doute. On peut estimer que 1 t de coke brûlée donnera lieu à la production de gaz représentant comme puissance au moins un quart de tonne de coke. Si l'ensemble des hauts fourneaux de la côte nord-est de l'Angleterre dépasse 4 millions de tonnes de coke par an, on pourra utiliser avec les gaz l'équivalent de 1 million de tonnes soit 15 millions de francs au moins.

Digitized by Google

Certains membres estiment qu'il y a réel avantage à épurer les gaz avant de les employer au chauffage des fours à air et des chaudières; pour les premiers, les gaz épurés permettent l'obtention d'une température plus élevée de l'air chaud, d'où une économie très notable, 50 kg au moins de coke par tonne de fonte. On augmente de même le rendement des chaudières dans une proportion qu'on peut évaluer à 25 0/0. On réduit aussi le temps perdu pour le nettoyage des appareils. On cite à ce sujet des chiffres intéressants. Un haut fourneau produisant de 600 à 690 t de fonte par semaine donne par an 680 t de poussières dont 460 seront retenues par des dispositifs propres à les retenir partiellement, et le reste se répartit en 100 t sous les chaudières, 40 dans les fours à chauffer l'air et 80 dans les conduites.

Aux forges de Leeds, une période s'étendant sur plusieurs années a donné en moyenne par an 3000 t de poussières dont l'enlèvement a causé une dépense de 15 000 f, sans compter le transport sur wagons. Si on tient compte du chômage nécessité pour le nettoyage des appareils, on trouve, pour 100 000 t de fonte par an, une dépense de 0,30 f par tonne de fonte du fait de la présence des poussières dans le gaz sortant des hauts fourneaux.

On ne paraît pas être tout à fait d'accord sur le taux d'épuration nécessaire pour les gaz employés dans les moteurs à explosion; alors que M. Scott conseille, comme on a vu plus haut, de descendre jusqu'à 0,0025 g par mètre cube, d'autres membres considèrent qu'une proportion dix fois plus élevée, soit 0,025 g, est sans inconvénient. L'opinion générale qui ressort de la discussion semble être qu'on peut se contenter d'épurer à la proportion de 0,5 g, ou à peu près, par mètre cube, la totalité des gaz sortant du haut fourneau, quitte à nettoyer ensuite beaucoup plus complètement la portion de ces gaz destinée à être employée dans les moteurs à explosion.

---

Digitized by Google

# COMPTES RENDUS

## SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

FÉVRIER 1907.

**Séance générale** du 25 janvier 1907. — Prix et médailles décernés.

**Notice nécrologique sur M. Maurice Block,** Membre du Comité de Commerce, par M. C. LAVOLLÉE.

Rapport de M. H. FONTAINE sur **l'appareil à charger les accumulateurs** au moyen de courants alternatifs de M. Alfred SOULIER.

On a très souvent, dans les villes, le courant alternatif biphasé et l'emploi de ce courant pour charger des accumulateurs présente quelques difficultés. Pour les résoudre, M. Soulier a imaginé une soupape à vibreur composée : 1° d'un transformateur de tension, et 2° d'une plaque vibrante de séparation d'ondes. Le premier a pour objet d'approprier la tension du ressort à celle des accumulateurs à chárger, et la lame vibrante, mise en mouvement par le courant alternatif, vient à chaque instant, rencontrer un contact isolé qui interrompt le circuit et empêche de passer une onde sur deux. La série des ondes qui passent est toujours de même sens et forme le courant continu nécessaire à la charge des accumulateurs. Nous nous bornons à indiquer ici le principe de l'appareil qui n'est qu'un séparateur et non un transformateur du courant. Comme toutes les soupapes de transformation, celle dont nous nous occupons a un faible rendement, mais comme son emploi est limité aux très petites puissances (accumulateurs d'allumage), cela n'a pas grande importance; en revanche, l'appareil est simple et très pratique.

Rapport de M. RATEAU sur **la suspension pneumatique B. P.** de M. PATOUREAU.

Cette suspension est constituée par des amortisseurs pneumatiques interposés entre les extrémités des ressorts à lame de suspension et le châssis; ces amortisseurs sont des ressorts à air formés d'un plateau circulaire en acier mince embouti, d'un tore creux en caoutchouc gonflé d'air et d'un plateau circulaire en acier, la tige de suspension partant du ressort traverse les trois pièces dont la première est rattachée au châssis par sa partie supérieure.



Digitized by Google

Rapport de M. Toulon sur **la machine à sténographier**, de M. Chambonnaud.

Nous nous bornerons à indiquer que les modèles établis par l'inventeur, qui n'a pas encore réalisé la construction industrielle de sa machine, donnent une solution nouvelle pour sténographier avec une machine en langage clair. Les principes sur lesquels est conçue l'invention résultent d'une analyse patiente et logiquement conduite des éléments phonétiques d'une langue. La réalisation mécanique parait devoir être simple.

Compte rendu des **progrès réalisés dans l'industrie des parfums et des huiles essentielles**, par MM. A. Haller et H. Gault.

**Notes de chimie**, par M. Jules Garçon.

Nous citerons, parmi ces notes, les sujets suivants : Allumettes inexplosibles; — Solubilité de l'essence de térébenthine dans l'alcool étendu; — Déshydratation de l'alcool au moyen du calcium; — Désinfection des levures alcooliques; — Le bleu d'outremer en sucrerie; — Influence de la lumière sur la diazotation; — Essai des tissus mélangés; — Inconvénients du chlorure de calcium dans les apprêts; — Résistance à l'eau des fibres artificielles.

**Notes de mécanique.**

Voici les questions traitées sous cette rubrique : Les alliages d'aluminium; — Rendement des moteurs à pétrole d'automobiles; — Machine marine à distribution par soupapes; — Emploi du pétrole dans les locomotives aux États-Unis; — Locomotive avec réchauffeur d'eau d'alimentation.

---

## ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES

---

*4e Trimestre de 1906.*

**La vie et les travaux de Jean-Rodolphe Perronet**, Créateur de l'École des Ponts et Chaussées, par M. de Dartein, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

Perronet est le plus marquant de tous les Ingénieurs qui, dans le cours du XVIIIe siècle, construisirent, sur la Seine, la Loire et leurs affluents, les grands ponts que nous admirons encore. Il a édifié, pour sa part, les ponts de Neuilly, de Pont-Saint-Maxence et de la Concorde. Il fut en outre, sous les auspices de Trudaine, le créateur de l'École des Ponts et Chaussées et, pendant quarante-sept ans, le Directeur de cette école. Il a enfin, par son action personnelle, puissamment contribué à la formation du corps des Ponts et Chaussées. Perronet est né à Suresnes en

Digitized by Google

1708 d'un père officier suisse au service de France, et est mort à Paris en 1794. On trouvera, dans la biographie dont nous nous occupons, des détails pleins d'intérêt sur la vie et les travaux de cet ingénieur éminent.

**Le pont de la Concorde** (1786-191).

Cette note, qui fait suite à la biographie de Perronet, contient l'histoire complète du dernier ouvrage et peut-être du chef-d'œuvre de cet Ingénieur et donne des détails non seulement sur le projet *exécuté*, mais encore sur le projet *primitif* et le projet *adjugé*. La dépense totale du pont et de ses abords s'est élevée à 3 860 000 livres, dépassant de 800 000 livres le montant de l'adjudication. Cet accroissement était dû à la majoration, dès le début des travaux, du salaire des ouvriers, au relèvement du prix des bois de charpente, et surtout aux travaux des murs de quai et du chemin de halage qui ont été développés au delà des prévisions. Perronet toucha 50 000 livres pour les projets et 12 500 livres par an pendant les travaux.

**Dixième congrès international de navigation**, tenu à Milan en 1906. Rapports des délégués français sur les travaux du concours.

On trouve dans cette note des renseignements très complets sur l'organisation du congrès, la composition des sections, le nom des Français figurant dans la constitution des bureaux et des sections et un résumé des travaux du congrès.

Il est donné, en outre, un compte rendu des délibérations du congrès avec analyse des rapports présentés. Ces rapports portent sur les questions suivantes : Transports mixtes, c'est-à-dire par chemins de fer et voies navigables et mise en communication des deux voies ; — Influence de la destruction des forêts et du dessèchement des marais sur le régime et le débit des rivières ; — Étude des systèmes propres à racheter les grandes chutes entre les biefs des canaux ; — Développement de la navigation intérieure au moyen de bateaux à petit tirant d'eau.

On trouve, pour chaque question, plusieurs rapports, plus un rapport général, un résumé de la discussion en section, les résolutions prises en assemblée générale, généralement, on peut le dire, aussi anodines que possible, et finalement les appréciations personnelles de l'auteur du compte rendu dont nous nous occupons.

**Instructions relatives à l'emploi du béton armé.**

Il s'agit d'une circulaire ministérielle datée du 20 octobre 1906 adressée aux Ingénieurs en chef des Ponts et chaussées pour régler les données à admettre dans la préparation des projets relatifs à l'emploi de ce mode de construction, surcharges, limites de travail et de fatigue, calculs de résistance, exécution des travaux, épreuve des ouvrages.

A cette circulaire est joint le rapport de la Commission nommée par le Conseil général des Ponts et Chaussées pour discuter le projet de règlement de la Commission du ciment armé ainsi que le projet de circulaire et le rapport de M. Considère qui l'accompagnait.

Digitized by Google

**Rapport sur l'Autoloc,** par M. Résal, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'autoloc est un dispositif de blocage dû à M. Croizier, de Lyon, et que la Commission des inventions a présenté au Comité de l'Exploitation technique des Chemins de fer comme pouvant rendre des services dans l'exploitation de ceux-ci. C'est une sorte d'embrayage dans lequel une bille sphérique intercalée entre deux éléments plans empêche le mouvement d'une pièce dans un sens et le permet dans le sens opposé; un système de ce genre peut rendre des services en rendant faciles et précises les manœuvres à la main qui peuvent se traduire par le déplacement angulaire d'un levier.

Note sur **les revêtements céramiques des stations souterraines du métropolitain de Paris**, par M. Pollet, Ingénieur auxiliaire des Ponts et Chaussées.

On a employé, dans les stations souterraines du métropolitain, comme mode de revêtement, diverses matières telles que : briques émaillées, opaline, porcelaine commune, pierre de verre et grès cérame, dont quelques-unes ont donné de très bons résultats.

**Principes adoptés dans les aménagements récents des grandes gares allemandes, Wiesbaden et Hambourg**, par M. Goupil, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La disposition de ces gares très importantes sont intéressantes, on y trouve des tunnels transversaux munis d'ascenseurs pour assurer des communications faciles entre les têtes de quais et les côtés de la gare, tout y indique la préoccupation de concilier les commodités du public avec les facilités de l'exploitation et aussi de ménager l'avenir.

---

## SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

### Février 1907.

### District de Paris.

*Réunion du 15 décembre 1906.*

Communication de M. Weiss, sur **les appareils de sauvetage.**

L'auteur, à la suite d'un voyage d'études en Allemagne, complète une précédente communication sur le même sujet. Il donne d'abord des renseignements sur les appareils de sauvetage usités en Autriche, appareil à air comprimé, appareil à air liquide et appareil pneumatogène pour sauvetage personnel.

Il étudie ensuite l'organisation du sauvetage dans les mines allemandes; les appareils employés du type portatif sont tous du système à oxygène avec absorption de l'acide carbonique; les appareils à tuyaux appartiennent à divers systèmes, mais sont tous fondés sur le même principe comportant : un tuyau adducteur d'air frais, un dispositif

Digitized by Google

respiratoire adapté à la tête de la personne et une prise d'air comprimé ou une pompe.

La note donne un aperçu des règlements sur l'emploi des appareils de sauvetage, sur l'organisation de celui-ci et sur les résultats obtenus à l'aide de ces appareils, et discute le choix à faire des appareils. L'auteur considère le système à air liquide comme réalisable en pratique et comme appelé à un grand avenir; les appareils de ce genre sont particulièrement indiqués pour l'armement d'une station centrale de sauvetage.

Communication de M. Lemière sur **les plissements des morts-terrains** comparés à ceux du terrain houiller.

Mars 1907.

District de Saint-Étienne.

*Réunion du 5 janvier 1907.*

Communication de M. Blache, sur **les appareils de secours** et expériences faites aux mines de Courrières par l'équipe de secours allemande.

Il s'agit d'une analyse du rapport fait par M. G. A. Meyer, à l'occasion de son expédition aux mines de Courrières, à la suite de la catastrophe de l'année dernière.

La première partie de ce rapport est consacrée au développement des appareils respiratoires portatifs à oxygène, dont la première tentative d'emploi remonte à 1883. Dans la seconde, l'auteur énumère les résultats acquis par les mineurs de Westphalie avec les appareils du type Shamrock aux mines de Courrières. Ce rapport se termine par quelques conclusions qu'on peut tirer de l'expérience de Courrières.

Communication de M. Bouteille, sur **les appareils et dispositions de sauvetage dans les mines autrichiennes et allemandes.**

Cette communication fait, en partie, double emploi avec celle de M. Weiss présentée au district de Paris et dont nous venons de parler.

Communication de M. Bouteille, sur **le rôle des poussières dans les mines.**

On trouve sous ce titre une analyse du rapport présenté par la Commission instituée pour étudier le rôle des poussières dans les explosions de mines. Ce rapport se termine par quelques conclusions sur la valeur de l'arrosage et sur les précautions à prendre contre les poussières.

*Réunion du 2 février 1907.*

Communication de M. Pitaval, sur **quelques applications récentes du four électrique en métallurgie.**

L'auteur expose que le four électrique peut être utilisé de deux manières :

1° Par la méthode directe, qui consiste à fabriquer l'acier par les procédés ordinaires, soit du four Martin, soit du creuset, la chaleur nécessaire à la fusion et au raffinage des matières premières étant fournie par le courant électrique;

Digitized by Google

2° Par la méthode mixte, qui consiste à n'employer le four électrique que pour une opération de suraffinage de l'acier, après avoir fabriqué celui-ci par les procédés habituels. Suit l'indication des diverses usines en France et à l'étranger qui emploient l'une ou l'autre méthode avec des détails très circonstanciés sur leur installation et les produits qui y sont fabriqués. La note discute ensuite les différents systèmes de fours électriques et les avantages qu'ils présentent sur les fours ordinaires et termine par quelques considérations sur l'avenir du four électrique qui, selon l'auteur, apparait comme devant être plus tard le complément indispensable de toute usine métallurgique dans laquelle l'acier est élaboré.

**Production de combustibles minéraux** en 1905 et 1906, dans le Pas-de-Calais et le Nord, dans la Loire, le Gard et l'Hérault, les Bouches-du-Rhône, etc.

---

## SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

### N° 9. — *2 mars 1907.*

Grandes usines de location de force motrice, par E. Josse *(fin)*.

Variation du rendement des turbines propulsives avec la vitesse, par H. Lorenz.

Les chemins de fer électriques à l'Exposition de Milan en 1906, par A. Zweiling *(suite)*.

Rendement des pompes centrifuges par Kux.

Turbine à vapeur de 500 kilowatts, système Melms et Pfenninger, par F. Marguerre.

Même sujet, par M. Schröter.

*Bibliographie.* — Calcul théorique et pratique des réserves de distribution d'électricité, par I. Herzog et A. Feldmann. — Les moteurs électriques dans la navigation, par M. Schinkel.

*Revue.* — Le cinquantenaire de la fondation du Norddeutscher Lloyd. — Nouvelles aciéries de Bethlehem. — Les omnibus à moteur à Londres.

### N° 10. — *9 mars 1907.*

Le pont sur le Saint-Laurent, près de Québec, par G. Barkhausen.

Le matériel de chemins de fer à l'Exposition nationale bavaroise à Nuremberg, en 1906, par Metzeltin *(fin)*.

La fabrication des armes à feu dans les temps passés, par W. Treptow.

La traction électrique au tunnel du Simplon, par H. Rupp *(fin)*.

Les turbines à vapeur de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, par O. Lasche.

*Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat.* — Le sauvetage à la mer et sur les côtes. — Nouvelles lampes à filaments métalliques.

*Groupe de la Lenne.* — Éclairage électrique des trains de chemins de fer.

*Bibliographie.* — Les turbines hydrauliques, par A. Pfarr. — Les tur-

Digitized by Google

bines et les usines hydrauliques, par V. Gelpke. — La construction des routes, par F. Loewe.

*Revue.* — Grue flottante de 150 t de puissance. — Dépense de vapeur d'une turbine au puits Zollverein. — Expériences sur une installation de turbines à vapeur. — Laminoir à bandages. — Tirage des reproductions à la lumière artificielle.

N° 11. — *16 mars 1907.*

Notice nécrologique sur Fr. Walkhoff.

Gares de chemins de fer aux États-Unis, par E. Giese et Blum.

Les ascenseurs Paternoster et les moyens de prévention des accidents d'ascenseurs, par Ad. von Ernst.

Les machines motrices à l'Exposition Germano-Bohême, à Reichenberg, par K. Körner *(suite).*

Les machines-outils, etc., à l'Exposition Germano-Bohême, à Reichenberg, par Th. Demuth *(suite).*

Les chemins de fer électriques à l'Exposition de Milan, par A. Zweiling *(fin).*

*Groupe de Dresde.* — Les véhicules automobiles pour transports industriels et leurs dépenses de service.

*Groupe de Hanovre.* — L'imprégnation des bois.

*Bibliographie.* — La technique de l'élévation des fardeaux dans les temps anciens et modernes, par Kammerer. — Calcul des conducteurs d'électricité, par Ph. Häfner.

La théorie kinétique des gaz, par G. Jäger.

*Revue.* — Les omnibus automobiles en France. — Le navire de guerre anglais *Dreadnought.* — Utilisation de la puissance des Victoriafalls dans l'Afrique du Sud.

N° 12. — *23 mars 1907.*

Les vapeurs à roues *Blümlisalp* et *Rhein*, construits par la fabrique de machines Escher, Wyss et C^ie, à Zürich, par H. Aebli.

Les ascenseurs Paternoster et les moyens de prévention des accidents d'ascenseurs, par Ad. von Ernst *(fin).*

Les nouvelles machines de l'industrie textile dans les dernières expositions, par G. Rohn *(suite).*

Le pont sur le Saint-Laurent, près de Québec, par G. Barkhausen *(fin).*

Rupture d'un dôme de chaudière pendant l'épreuve, par C. Bach.

Laminoir universel, système Kennedy, par F. Frölich.

*Groupe de Poméranie.* — Les matières de graissage et leurs essais.

*Bibliographie.* — La construction métallique, son histoire et son esthétique, par A. G. Meyer. — Extraction industrielle de l'oxygène de l'air, par E. Donath et K. Frenzel.

*Revue.* — Production et utilisation du gaz d'éclairage. — Expériences sur un moteur Daimler pour automobile. — Machine à distribution par soupapes Lentz du vapeur *La Rance.*

*Pour la Chronique et les Comptes rendus :*
A. MALLET.

Digitized by Google

# BIBLIOGRAPHIE

## I^re SECTION

**Notice sur la distribution d'eau de la ville de Cosne,** par E. SANCENOT, conducteur des Ponts et Chaussées (1).

Il s'agit d'un opuscule très documenté, illustré de nombreux dessins et gravures et contenant des détails d'exécution pratique d'une distribution d'eau de ville. Il renferme également des données précises sur une application en grand de la stérilisation des eaux par l'ozone.

C'est un travail très précieux à consulter pour des applications analogues. F. T. S.

## IV^e SECTION

**Principes théoriques des méthodes d'analyse minérale fondées sur les réactions chimiques,** par M. G. CHESNEAU (1).

Le livre que présente M. Chesneau, le professeur d'analyse minérale à l'École Nationale des Mines, dont les beaux travaux sont bien connus, est la reproduction de remarquables leçons qu'il a professées au Collège de France.

Cet opuscule comprend sept chapitres : dans le premier chapitre, l'auteur étudie l'influence de l'état du précipité sur sa purification par le lavage; il montre le rôle important joué par la grosseur des grains, l'état cristallin ou colloïdal, etc.

Le deuxième chapitre est consacré aux méthodes basées sur les réactions irréversibles dont quelques applications analytiques sont étudiées en détails.

Après avoir montré, dans le chapitre III, l'importance de la méthode calorimétrique, M. Chesneau parle, dans le chapitre IV, de la méthode électrolytique et se livre à ce sujet, au chapitre V, à quelques réserves. M. Hollard vient de répondre à ces observations par un long article dans la *Revue générale des Sciences*.

Le chapitre VI est consacré à la théorie des phénomènes permettant d'obtenir des précipités complets.

Enfin, dans le dernier chapitre, l'auteur examine les applications analytiques des principes précédents et les méthodes qui en découlent.

L'énumération de ces divers chapitres montre l'importance du sujet traité, et ces leçons ont leur place tout indiquée à côté du livre d'Ostwald : *Les bases scientifiques de la chimie analytique*.

L. GUILLET.

(1) In-4°, 270 × 220 de 18 p. avec 8 fig. Cosne, imprimerie A. Bureau, 1906.
(1) In-8°, 230 × 140 de 244 p. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix broché, 4,50 f.

---

*Le Secrétaire Administratif, Gérant,*
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 5210-3-07. — (Encre Lorilleux)

Digitized by Google

**MÉMOIRES**

ET

# COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

**SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE**

# BULLETIN

D'AVRIL 1907

**N° 4**

## OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois d'avril 1907, la Société a reçu les ouvrages suivants :

### Agriculture.

CREVAT (J.). — *Les conditions d'irrigation rationnelle*, par Jules Crevat (in-8°, 240 × 155 de 39 p.). Paris, Ch. Béranger, 1907. (Don de l'éditeur.) 44854

GUARINI (ÉM.) — *Le coût de la force motrice. L'homme, le cheval, le bœuf. Le moteur électrique. Le labourage électrique. La force motrice au Pérou et à Lima*, par Émile Guarini (in-8°, 245 × 155 de 28 p. avec 22 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat. (Don des éditeurs.) 44847

HENRIVAUX (J.). — *Étude sur l'électroculture*, par J. Henrivaux (Extrait du Journal technique et industriel) (in-8°, 240 × 160 de 16 p.). Paris, Office technique et industriel d'édition de librairie et d'imprimerie, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44819

### Arts militaires.

CHARBONNIER (P.). — *Balistique extérieure rationnelle. Problème balistique principal*, par le commandant P. Charbonnier (Encyclopédie scientifique, publiée sous la direction du Dr Toulouse. Bibliothèque de Mécanique appliquée. Directeur, M. d'Ocagne) (in-18, 185 × 120 de VIII-492-VII p. avec 76 fig.). Paris, Octave Doin, 1907. (Don de l'éditeur.) 44835

Digitized by Google

**Astronomie et Météorologie.**

OMORI (F.). — *On the Indian Earthquake of April 4, 1905*, by F. Omori. Appendix to the Publications of the Earthquake Investigation Committee in Foreign Languages. N° 21 (in-8°, 255 × 180 de 14 p. avec 3 pl.). Tokyo, 1905. 44864

*Publications of the Earthquake Investigation Committee in Foreign Languages. N° 21. Tokyo, 1905* (in-8°, 255 × 175 de 103 p. avec 38 pl.). Tokyo, 1905. 44863

**Chemins de fer et Tramways.**

CHABAL et BEAU. — *Expériences faites en 1897, par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, sur le déplacement transversal relatif des tampons voisins de deux véhicules consécutifs d'un train, et dimensions à adopter pour les disques des tampons de choc des véhicules de chemins de fer à voie normale*, par MM. Chabal et Beau (Extrait de la Revue générale des Chemins de fer et des Tramways, n^os^ de décembre 1906 et de janvier 1907) (in-4°, 320 × 225 de 57 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don de M. Chabal). 44855

*Chemins de fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine. Compte rendu des opérations pendant l'année 1905* (Royaume de Belgique. Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes) (in-4°, 310 × 195 de IV-A-135; B-24; C-36; D-12-XI p. avec 3 graph. et 1 carte). Bruxelles, J. Goemaere, 1906. 44834

*Report of the Board of Rapid Transit Railroad Commissioners for the City of New York, for the year Ending December 31, 1905*, accompanied by Reports of the Chief Engineer and of the Auditor (in-8°, 260 × 175 de 262 p. avec 26 illustrations, tableaux et planches). New York, 1906. 44851

THIERRY (J.-B.). — *Étude sur le métropolitain de Paris. Ses installations intérieures. Ce qu'elles sont. Ce qu'elles devraient être*, par J.-B. Thierry (in-8°, 255 × 165 de III-84 p. avec 18 fig. et 4 pl.). Paris, Ch. Béranger, 1907. (Don de M. Groselier, M. de la S., de la part de l'auteur.) 44857

**Chimie.**

*Contribution à l'étude des argiles et de la céramique*, par MM. Chantepie. Chapuy, Coupeau, Damour, Lavezard, Laville, Le Chatelier. Granger, Holborn, Hecht, Saglio, Sherzer, Vogt, Wien. Zschokke (Mémoires publiés par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 285 × 225 de 627 p. avec nombreuses figures). Paris, Siège de la Société, 1906. 44826

DUCHEMIN (R.) et BARDY (CH.). — *La dénaturation de l'alcool en France et dans les principaux pays d'Europe*, par René Duchemin. Avec une Préface de Ch. Bardy (in-8°, 225 × 140 de XVI-264 p. avec fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44815

Digitized by Google

La Coux (H. de). — *L'eau dans l'industrie.* Deuxième édition complétée par une *Étude spéciale sur les corrosions des générateurs de vapeur industriels et marins*, par H. de la Coux. Composition. Influences. Désordres. Remèdes. Eaux résiduaires. Épuration. Analyse (in-8°, 255 × 165 de 543 p. avec 135 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44843

## Construction des Machines.

Géruzet (J.). — *Belgique industrielle.* Vues des Établissements industriels de la Belgique, publiées par Jules Géruzet. *Tome premier* (atlas in-folio 690 × 523 de 100 pl.). Bruxelles, Jules Géruzet. (Don de M. A. Mallet, M. de la S.) 44840

Rey-Pailhade (J. de) et Murgue (D.). — *La Montre décimale, à l'usage des Astronomes, des Ingénieurs et des Sportsmen. Description, avantages, usage*, par M. J. de Rey-Pailhade, avec une Préface de M. Daniel Murgue (in-8°, 230 × 150 de viii-17 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. (Don de M. J. de Rey-Pailhade.) 44859

## Économie politique et sociale.

Bigot (R.). — *Notes économiques sur le Mexique*, par Raoul Bigot (Extrait des Bulletins technologiques (janvier et février 1907), de la Société des anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers) (in-8°, 215 × 135 de 144 p. avec 22 graphiques et 1 carte). Paris, Imprimerie Chaix, 1907. (Don de l'auteur.) 44821

*Lois d'inégalité et de division sociales. Mars 1907* (in-4°, 270 × 200 de 51 p.). Paris, Imprimerie de la Cour d'appel, 1907. (Don de M. Michon.) 44823

*Rapports sur l'application des lois réglementant le travail en 1905* (Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Direction du Travail) (in-8°, 230 × 150 de cxcii-476 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don du Ministère du Travail.) 44856

*Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1905. Deuxième volume. Navigation* (Navigation internationale, Cabotage français et Effectif de la Marine marchande) (République Française. Direction générale des Douanes) (in-4°, 365 × 280 de 432-462 pages avec un plan du port du Havre). Paris, Imprimerie nationale, 1906. 44839

## Électricité.

Boëto (G.). — *L'Usine électrique de la Société d'électricité de Paris, à Saint-Denis (Seine)*, par G. Boëto (Extrait du Journal Le Génie Civil) (in-8°, 265 × 180 de 46 p. avec 23 fig. et 2 pl.). Paris, Publications du Journal Le Génie Civil, 1906. [Don de la Compagnie Électro-Mécanique, Le Bourget (Seine).] 44829

Digitized by Google

BRUNSWICK (E.-J.) et ALIAMET (M.). — *Construction des induits à courant continu. L'arbre et ses tourillons*, par E.-J. Brunswick et M. Aliamet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8, 190 × 120 de 172 p. avec 35 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1907. (Don des éditeurs.) 44852

PARAF (J.). — *Commutatrices et transformateurs électriques tournants*, par J. Paraf (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 194 p. avec 58 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1907. (Don des éditeurs.) 44853

**Législation.**

*American Society of Civil Engineers. Constitution and List of Members, February 1907, 10 th.* (in-8°, 225 × 150 de 316 p. avec 1 graphique). New York, House of the Society. 44822

*Année 1907. Annuaire et Statuts de la Société Centrale des Architectes français. Annuaire de la Caisse de Défense mutuelle des Architectes* (in 8°, 240 × 160 de 6-112-8 pages). Paris, 8, rue Danton. 44850

IMBRECQ (J.). — *Le code du Chauffeur*. Recueil commentaire et critique de toutes les lois intéressant les constructeurs, propriétaires et conducteurs d'automobiles, par J. Imbrecq (Bibliothèque du Chauffeur) (in-16, 185 × 120 de 482 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44818

*Société des Ingénieurs Civils de France. Annuaire de 1907. 60e année* (in 8°, 240 × 155 de 494 p.). Paris, Hôtel de la Société, 1907. 44827

*The Society of Chemical Industry. List of Members 1907* (in-8°, 270 × 195 de LXI p.). London, Vacher and Sons. 44828

**Médecine, Hygiène, Sauvetage.**

AUBERT (L.). — *Tables analytiques des Comptes rendus des séances du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, pendant les années 1895 à 1904, précédées de Notices sur la composition et l'organisation du Conseil depuis sa création (1802)*, par M. Léon Aubert (République Française. Préfecture de la Seine. Préfecture de Police) (in-8°, 240 × 160 de LI-191 p. avec 22 photog.). Paris, Imprimerie Chaix, 1906. 44868

BOMMIER (Dr R.) et MORTIMER-MÉGRET (Cte). — *Hygiène du Chauffeur. Le moteur humain*, par le Dr R. Bommier. Préface du comte Mortimer-Mégret (Bibliothèque du Chauffeur) (in-16, 185-120 de XII-214 p. avec 67 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44846

JOLIBOIS (P.) et PARIS. — *Rapport au nom de la 6e Commission, sur le Congrès international de l'assainissement et de la salubrité de l'habitation, tenu à Genève, et les Congrès d'hygiène et de salubrité publiques de Marseille et de Tourcoing*, présenté par MM. Pierre Jolibois et Paris (Conseil Municipal de Paris, 1907) (in-4°, 260 × 205 de 144 p.). Paris, Hôtel de Ville, Imprimerie municipale, 1907. (Don de M. P. Jolibois, M. de la S.) 44830

Digitized by Google

### Métallurgie et Mines.

Heise (F.) et Aubrun (J.). — *Traité théorique et pratique des explosifs destiné aux exploitants de mines et de carrières et comprenant une Étude spéciale sur la question du grisou et des poussières dans les mines de charbon*, par F. Heise. Traduit de l'allemand et adapté par J. Aubrun (in-8°, 220 × 135 de VIII-295 p. avec 146 fig.). Paris et Liège, Ch. Béranger, 1907. (Don de l'éditeur.) 44825

### Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Block (E.). — *Ergebnisse eines Betriebsversuches an einer elektrischen Schlepplokomotive beim Teltowkanal*, von Erich Block (Sonderabdruck aus « Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen », Heft 11, Jahrgang 1906) (Siemens-Schuckert-Werke) (in-4°, 345 × 260 de 4 p. à 2 col. avec 2 fig.). Berlin, H.-S. Hermann. (Don de M. Siemens.) 44862

Guarini (Ém.). — *Les forces hydrauliques et les applications électriques au Pérou. Mon voyage au sud du pays*, par Émile Guarini (in-8°, 245 × 155 de 24 p. avec 12 fig. dont 7 photogravures). Paris, H. Dunod et E. Pinat. (Don des éditeurs.) 44848

*Mémorial du Génie maritime. Troisième série. Fascicule VIII* (Ministère de la Marine) (in-8°, 280 × 180 de 139 p. avec VII-9 pl.). Paris, Imprimerie nationale, novembre 1906. 44860

Köttgen (C.). — *Le système américain de halage Wood et le système de tracteur à deux rails (Deuxième réplique)*, par C. Köttgen (Siemens-Schuckert-Werke) (in-4°, 345 × 260 de 10 p. à 2 col.). Berlin, H.-S. Hermann, 1907. (Don de M. Siemens.) 44861

### Périodiques divers.

*Journal officiel de la République Française. Tables alphabétiques et analytiques de 1906* (in-4°, 325 × 240 de 151-1-1-22-11-61-22 pages). Paris, Imprimerie des Journaux officiels. 44838

### Physique.

Colomer (F.) et Lordier (Ch.). — *Combustibles industriels, Houille, Pétrole, Lignite, Tourbe, Bois, Charbon de bois, Agglomérés, Coke*, par Félix Colomer et Charles Lordier. Seconde édition revue et augmentée (in-8°, 255 × 165 de 567 p. avec 185 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44842

### Routes.

Vallot (H.) et Vallot (J.). — *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*, par Henri Vallot et Joseph Vallot (Bibliothèque photographique) (in-8°, 185 × 120 de XIV-237 p. avec 35 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. (Don des auteurs, M. de la S.) 44865

Digitized by Google

### Sciences mathématiques.

DUHEM (P.). — *Les sources des théories physiques. Les origines de la statique*, par P. Duhem. *Tome II* (in-8°, 250 × 165 de VIII-364 p.). Paris, A. Hermann, 1906. (Don de l'éditeur.) 44832

SIMONOT (E.). — *Réflexions au sujet des méthodes d'essais des pièces métalliques et du Congrès de Bruxelles de 1906*, par E. Simonot (Bulletin de la Société de l'Industrie minérale. Quatrième série. Tome VI. 1re livraison 1907) (in-8°, 220 × 140 de 54 p.). Saint-Étienne, au siège de la Société. (Don de l'auteur.) 44837

### Sciences Morales. — Divers.

CARVALHO (A.-L. DE). — *Associaçao de Engenheiros Civis Portuguezes. Candido Xavier Cordeiro. Elogio historico*, pelo socio A. Luciano de Carvalho (in-8°, 235 × 145 de 111 p. avec une phot.). Lisboa, Imprensa nacional, 1907. (Don de l'auteur.) 44867

DARTEIN (DE). — *La vie et les travaux de Jean-Rodolphe Perronet*, par M. de Dartein (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées. 4e trimestre 1906) (in-8°, 235 × 160 de 87 p. avec 8 fig. et 5 gravures). Paris, E. Bernard, 1907. (Don de l'auteur.) 44824

### Technologie générale.

*Catalogue officiel des Collections du Conservatoire national des Arts et Métiers. Troisième fascicule. Géométrie. Géodésie. Cosmographie. Astronomie. Science nautique. Chronométrie. Instruments de calcul. Poids et Mesures* (in-8°, 220 × 135 de 269 p. avec 70 fig.) (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et du Travail). Paris, E. Bernard, 1906. (Don de M. le Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers.) 44849

CLAUDEL (J.) et DARIÈS (G.). — *Formules, Tables et Renseignements usuels. Aide-mémoire des Ingénieurs, des Architectes, etc. Partie pratique*, par J. Claudel. Onzième édition entièrement refondue, revue et corrigée par de nombreux collaborateurs, sous la direction de Georges Dariès. Tome premier (in-8°, 225 × 140 de 1112 p. avec 612 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44844

GAUTIER (ÉM.). — *L'année scientifique et industrielle*, fondée par Louis Figuier. *Cinquantième année (1906)*, par Émile Gautier (in-18, 190 × 120 de VIII-451 p. avec 94 fig.). Paris, Hachette et Cie, 1907. 44869

NANSOUTY (M. DE). — *Actualités scientifiques, par Max de Nansouty. 3e année. Volcans et volcanismes. Le mal des montagnes, les Tubistes. Photographie des couleurs. Télégraphie sans fil. Médecine et radioactivité. Progrès chimiques. La colle. L'encre. La chaux. Les moustiques. La mouche. Émaux et émaillage. Ozone et ozonisation. Tissus imperméables. La laine mercerisée. Le pétrin mécanique. Inventeurs et inventions. Plis cachetés* (in-8°, 215 × 135 de 361 p.). Paris, Schleicher frères, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44820

Digitized by Google

*Ouvrages divers relatifs aux sciences en général, à l'art de l'Ingénieur et à la Technologie* (136 volumes, atlas et brochures de différents formats). (Don de M. G. Tresca, M. de la S.) 44836

Picard (A.). — *Exposition universelle internationale de 1900 à Paris. Le Bilan d'un siècle 1801-1900, par M. Alfred Picard. Tome cinquième. Industrie chimique. Industries diverses. Économie sociale* (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail) (in-8°, 295 × 195 de 470 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44831

*Rapports du Jury international. Groupe XVII. Colonisation. Classes 113 à 115* (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900, à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 693 p. avec 85 fig.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.) 44866

*Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapport annuel. Exercice 1905-1906* (in-8°, 235 × 155 de 57 p.). Bruxelles, L'Imprimerie nouvelle, 1907. 44833

## Travaux Publics.

*Annuaire Almanach Sageret. Annuaire du Bâtiment des Travaux publics et des Arts industriels, 98e année, 1907* (in-8°, 220 × 135 de XXVIII-LXXLI 2512 p.). Paris, 53, rue de Rennes. 44858

*Commission du Ciment armé. Expériences. Rapports et Propositions. Instructions ministérielles relatives à l'emploi du béton armé* (Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes) (in-4°, 315 × 225 de 481 p. avec nombreuses figures et 8 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44841

Digitized by Google

## MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1907, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

| | | |
|---|---|---|
| L. Fèvre, | présenté par MM. | Cornuault, Reumaux, Bergeron. |
| G. Genis, | — | Cornuault, Postel-Vinay, L. Genis. |
| P. Lafarge, | — | Court, Lagneau, Ronceray. |
| P. Lebrun, | — | Beaugrand, Merklen, E. Vallot. |
| L. Morin, | — | Bonneville, A. Boyer, P. Regnard. |
| A. Poulet, | — | Postel-Vinay, Geny, Sincholle. |
| J. Prudhomme, | — | Cornuault, Reumaux, Beigbeider. |
| E. Rambault de Barallon, | — | Cornuault, Bertin, Claudel. |
| J. Saconney, | — | Girod, Guillet, Portevin. |

Digitized by Google

# RÉSUMÉ

DES

# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE D'AVRIL 1907

---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA

## SÉANCE DU 19 AVRIL 1907

Présidence de M. E. Cornuault, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 45 m.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaitre le décès de MM. :

M. Berthelot, Membre honoraire de la Société depuis 1886, ancien Ministre des Affaires Étrangères et de l'Instruction Publique, Sénateur, Membre de l'Institut (Académie française et Académie des Sciences), de l'Académie de Médecine et de la Société nationale d'Agriculture, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur au Collège de France, Grand-Croix de la Légion d'honneur;

Le colonel A. Laussedat, Membre honoraire de la Société depuis 1885, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Conservatoire des Arts et Métiers, Vice-Président du Conseil de l'Observatoire, Grand-Officier de la Légion d'honneur;

J. Baudouin, Membre de la Société depuis 1897, Entrepreneur de travaux publics;

A. Dambricourt-Legrand, ancien élève de l'École Centrale (1850), Membre de la Société depuis 1861, Fabricant de papiers;

Et. Guillemin, ancien élève de l'École Centrale (1855), Membre de la Société depuis 1856, Ingénieur-chimiste;

Eugène Lebon, ancien élève de l'Ecole Centrale (1847), Membre de la Société depuis 1848, Directeur-gérant de la Compagnie centrale d'Éclairage et de Chauffage par le gaz, officier de la Légion d'honneur.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

Digitized by Google

M. le Président a le plaisir de faire connaitre les nominations et décorations suivantes :

Ont été nommés :

Officiers de l'Instruction Publique : MM. Lindon W. Bates, J.-E. Maurer;

Officiers d'Académie : MM. Léon Griveaud, P. Zivy, H. Besson;

Commandeurs de l'Ordre de Léopold : M. V. Dwelshauvers-Déry;

Commandeurs de l'Ordre du Christ de Portugal : MM. Ch. Balsan et Ch. Marteau;

Officier de l'Ordre d'Orange Nassau : M. E. Van Diest;

Officier du Nichan Iftikar : M. A. Michault.

M. Aimé Witz a été nommé Membre correspondant de l'Institut (Académie des Sciences, section de mécanique).

M. de Timonoff a été nommé Directeur de la Statistique et de la Cartographie au Ministère des voies de Communications de Russie.

M. H. Bresson a reçu de la Société de Géographie commerciale de Paris la médaille Meurand (vermeil) pour son ouvrage *La Houille verte*.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cétte liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. le Président fait connaitre que la Société Industrielle du Nord de la France vient de publier le programme des questions proposées pour le concours qu'elle ouvre en 1907.

Les renseignements sont déposés au Secrétariat.

M. G. Rives, Président du Comité d'organisation de l'Exposition décennale de l'Automobile, du Cycle et des Sports, nous fait connaitre que cette Exposition aura lieu du 12 novembre au 1er décembre 1907. De nombreux et importants Congrès auront lieu à cette époque.

M. A. Portier a la parole pour sa communication sur *le Glissement d'une pile de viaduc, en Espagne.*

M. A. Portier expose les faits les plus caractéristiques d'un glissement de terrain qui depuis deux ans affecte l'une des culées du viaduc de Gor situé en Espagne à 19 km de Guadix sur la ligne de Grenade à Murcie.

Les causes de ce glissement, longtemps cherchées, ont été finalement attribuées aux imbibitions permanentes du sous-sol, produites par les infiltrations continues des irrigations.

C'est en octobre 1905 qu'on s'aperçut que la culée Murcie glissait vers le Rio à la vitesse de 10 mm par vingt-quatre heures.

Les recherches faites alors parurent démontrer que ce phénomène était dû au défaut de cohésion du béton de fondations et à une trop grande pression sur le sol.

La culée fut démolie puis reconstruite suivant des conditions statiques très améliorées réduisant notamment à 3,500 kg par centimètre carré la charge totale sur le terrain. qui était alors de 5,590 kg.

Digitized by Google

Le 3 juin 1906, la nouvelle culée, encore inachevée, cheminait à l'allure de 20 mm par vingt-quatre heures.

Au moyen de sondages et par des observations très suivies on arriva à reconnaître que la culée se trouvait entraînée par un vaste glissement de terrain prenant naissance au fossé d'irrigation situé à 125 m en arrière, et se terminant à la première pile.

On tenta vainement d'enrayer ce glissement par chargements autour de la culée et par des drainages qui, circonscrivant la zone en mouvement, furent plus pernicieux qu'utiles.

M. A. Portier fait une description détaillée de la géologie de la contrée suivant laquelle il démontre que le viaduc de Gor repose sur un terrain d'éboulis formé de stratifications marneuses disloquées à travers lesquelles les eaux d'infiltrations ont apporté leur action perturbatrice.

Selon cet Ingénieur, la solution la plus efficace à un tel état de chose, consiste à détruire les causes d'infiltrations :

1° Par l'étanchéité des fossés d'irrigation dans une zone de 400 m;

2° Par des drainages transversaux, destinés à canaliser les eaux souterraines et à les entraîner rapidement vers le Rio.

M. Portier fait remarquer que le mouvement de la culée s'est ralenti beaucoup passant de 20 mm par vingt-quatre heures à 1 mm.

Il termine en faisant part des derniers renseignements reçus de Gor, d'après lesquels il résulte que la ligne vient d'être ouverte à l'exploitation, et que malgré la mobilité de la culée, les trains franchissent le viaduc, les voyageurs étant simplement astreints à transborder pédestrement.

M. le Président remercie M. Portier de sa communication fort instructive. Il souhaite que les efforts actuels soient couronnés de succès, malgré les difficultés connues en pareille matière. M. le Président rappelle à ce sujet le fameux glissement de la montagne du Gouffre, à la Grand'Combe, il y a une douzaine d'années, et qui avait eu précisément pour cause le glissement des terrains de la surface sur un banc de marne argileuse.

M. Blanchet a la parole pour sa communication sur *le Papier et sa fabrication à travers les âges.*

M. Blanchet parle tout d'abord du lieu et de l'époque où a été découvert l'art de faire le papier, de la façon dont cet art parvint en France et s'y développa jusqu'à nos jours.

Il indique ensuite quel était l'outillage mis en œuvre dans les vieux moulins à papier, signale les transformations qui ont fait de l'ancien art du papetier la grande industrie moderne et, l'heure se trouvant fort avancée, réduit à une simple énumération ce qu'il devait dire des matières premières du papier, autres que les chiffons : celles-ci gardaient dans cet exposé la place qu'elles occupent, par leur date d'emploi, dans l'histoire de l'industrie papetière.

*Invention de l'art de faire le papier.* — L'Histoire nous fait connaître les diverses substances auxquelles recoururent tout d'abord les hommes pour transcrire leur pensée ou leur parole et dont notre langage même nous a laissé le souvenir : mais, feuilles et liber des arbres, rouleaux de

Digitized by Google

plomb, tablettes de cire, papyrus et parchemins, constituaient des entités déjà existantes qu'une préparation plus ou moins complexe rendait propres à recevoir l'écriture.

L'art du papetier prit naissance le jour où l'on produisit avec des fibres, préalablement dégagées du tissu dans lequel elles étaient renfermées, un corps nouveau susceptible de servir aux écrivains.

L'inventeur du papier, Tsai-Loune, vivait en Chine sous la dynastie des Hans Postérieurs. En l'an 105 de l'ère chrétienne, il informa l'empereur qu'il fabriquait du papier avec des écorces d'arbres, des tiges de chanvre, des vieux chiffons et des filets de pêche.

Des honneurs de tous genres furent accordés à Tsai-Loune : le papier lui-même fut appelé Tsai-ho-tché (le papier de Tsai-Loune). Le mortier dont il avait fait usage pour broyer ses matières premières devint, aux yeux du peuple chinois, le symbole de l'industrie nouvelle. Mentionné dans toutes les annales et pieusement conservé dans l'ancienne résidence de l'inventeur, il acquit une valeur historique telle que six siècles plus tard, sous les Tangs, il fut offert à l'empereur et accepté par lui en paiement du tribut.

*Diffusion vers l'Occident de l'industrie papetière.* — Le peuple qui devait faire connaître à l'Occident l'invention de Tsai-Loune fut le peuple arabe.

En juillet 751, les Chinois se trouvèrent aux prises avec les Arabes sur les confins du Turkestan actuel. Une sanglante bataille eut lieu près de la ville de Kangli, sur les bords de la rivière Tharaz ; elle se termina par la déroute des Chinois qui laissèrent entre les mains du vainqueur un grand nombre de prisonniers. Parmi ceux-ci, se trouvaient des fabricants de papier; ils furent emmenés en captivité à Samarcande et invités à y exercer leur métier.

La civilisation arabe était alors dans sa fleur ; on touchait aux beaux jours d'Haroun-al-Raschid, et poètes et savants affluaient à Bagdad. Le papier arrivait à son heure : tout d'abord fabriqué à Samarcande, il le fut bientôt à Bagdad et concurremment dans plusieurs villes d'Asie Mineure. Damas eut des fabriques célèbres dont les produits furent souvent signalés au cours du moyen âge *(Carta Damascena)*.

La connaissance de l'art du papetier se répandit avec la domination musulmane ; elle allait longer les côtes de la Méditerranée. Au xe siècle, en Egypte, la fabrication du papyrus disparaît devant celle du papier. La précieuse découverte du trésor d'El-Uschsmunein nous permet de parler de cette fabrication comme si elle datait d'hier : elle employait comme matière première des chiffons de lin, et les produits qu'elle livrait comprenaient les formats les plus divers et les poids les plus variés : papier épais, papier assez mince pour être attaché sous les ailes des pigeons voyageurs.

Avec les Arabes, nous trouvons des papeteries à Fez et en Espagne. A Xativa, près de Valence, on fait un papier dont écrivains et poètes célèbrent la blancheur et les qualités.

Au commencement du xiiie siècle, l'usage du papier était fort répandu en Espagne.

Digitized by Google

C'est également au cours de ce siècle que l'Italie entend battre ses premiers maillets. Dès 1276, Fabriano se révèle comme un centre papetier dont l'importance va croitre pendant de longues années. Là, prit naissance la coutume de marquer les papiers d'un filigrane.

*Le papier en France.* — A la même époque, on se servait très fréquemment de papier dans le midi de la France, notamment en Languedoc, bien plus que dans le Nord et à Paris même. Le papier venait-il uniquement d'Espagne ou d'Italie ? était-il fabriqué sur place ? Aucun document ne précise la date à laquelle des moulins à papier auraient été fondés pendant le XIIIe siècle. Cependant le cartulaire des abbayes d'Aniane et de Gellone nous apprend qu'en 1345 l'abbé de Saint-Guilhem accorda la permission d'établir ou de rétablir divers moulins, dont des moulins à papier, sur l'Hérault, dans le tènement de Rieux-Cabrie.

En 1337, un chanoine de Troyes achète le Moulin-le-Roy pour en faire une papeterie.

Le développement de l'industrie papetière fut rapide en Champagne.

Les maitres champenois furent, dès 1355, les fournisseurs de l'Université de Paris ; en 1488, des fabricants d'Essonnes et de Corbeil avaient pris place à côté d'eux. On signale d'ailleurs, en 1380, du papier sorti du moulin de Mennecy-sur-l'Essonne et destiné à la chambre du Roi.

Mais ni Troyes ni Essonnes ne gardèrent le premier rang parmi les centres papetiers qui se multiplièrent en France, surtout après l'invention de l'imprimerie. Ce rang échut rapidement à l'Auvergne qui le garda jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. Thiers et Ambert produisirent des papiers dont la perfection n'a jamais été surpassée.

C'est auprès des fabricants d'Auvergne que le Conseil d'État cherchait les renseignements nécessaires pour élaborer les divers règlements par lesquels il tentait d'uniformiser la fabrication française et de l'améliorer, en rendant obligatoires pour tous les papetiers les pratiques adoptées par les maitres les plus habiles.

Après avoir pendant de longues années envoyé leurs produits à une grande partie de l'Europe, nos papeteries virent se lever de mauvais jours. La création d'usines à l'étranger, la concurrence hollandaise, des charges financières très lourdes, les exigences d'un compagnonnage secret qui enchainait les ouvriers, leur causaient de grands dommages.

A la fin du XVIIIe siècle, ou pendant les premières années du XIXe, la production du papier, en France, devait être très voisine de 20 000 t. En 1849, alors que déjà des machines s'étaient substituées aux cuves. des cylindres aux maillets, des usines importantes aux ateliers de famille, elle était double et atteignait 42 000 t.

Cinquante ans plus tard, en 1899, elle avait décuplé et fournissait en papier ou carton 450 000 t. Depuis elle ne cesse de grandir encore.

*Ancien outillage des moulins à papier.* — L'ancienne fabrication du papier est restée si semblable à elle-même pendant près de dix-huit siècles que nous ne trouvons, dans ce large espace de temps, que de petits changements apportés aux procédés et à l'outillage employés.

Les substances indiquées par Tsai-Loune comme propres à faire du

Digitized by Google

papier impliquaient une macération préalable et des lavages successifs qui furent adoptés jusqu'au commencement du xv[e] siècle.

Les chiffons étaient soumis à un pourrissage qui durait parfois quatre ou cinq semaines. La chaleur développée par la fermentation devait être telle que l'on ne pût tenir la main dans les chiffons.

On lavait ensuite les chiffons et on les jetait sous le pilon.

Le pilon, qui au temps de Tsai-Loune était soulevé à bras d'homme, le fut de diverses façons, mais bientôt fit place aux maillets actionnés par des moteurs hydrauliques.

Le mortier devint le creux de pile dont le fond était garni d'une plaque de fer ou de fonte, sur laquelle frappaient les têtes de maillets armés de clous.

Les creux de pile étaient assemblés en batterie; dans les premiers, on déchirait le chiffon, dans les suivants, on réduisait la demi-pâte en bouillie. Pour accomplir ce dernier travail, on armait les maillets de clous au tranchant moins aigu. Parfois, des maillets à tête de bois sans garniture donnaient un affinage plus complet à la pâte.

L'instrument destiné à produire la feuille a reçu le nom de forme. Faite en Extrême-Orient avec de fines tiges de bambous, elle fut construite en Europe avec des fils métalliques. On la plongeait à deux mains dans une cuve remplie de pâte; sur elle on recueillait la matière que de légères oscillations amenaient à se déposer partout en épaisseur égale; l'eau s'égouttait, le papier prenait corps, était couché sur des morceaux de feutre, pressé, puis séché.

Pour devenir apte à recevoir l'écriture, le papier devait être collé. Il le fut par les Arabes avec de l'amidon. A la fin du xiii[e] siècle ou au commencement du xiv[e], on recourut en Europe à la gélatine. On plongeait une masse de papier dans un bain de gélatine, en ayant soin de dégager les feuilles une à une de manière que la colle pût les atteindre toutes. L'opération se faisait successivement pour un côté de la masse puis pour l'autre.

Le papier était séché de nouveau.

Tandis qu'en Orient l'application du papier sur une surface très unie suffisait pour lui donner le poli exigé par les consommateurs, on dut, en Europe, frotter le papier avec une dent de loup ou un caillou à chanfrein. Plus tard on employa le marteau, enfin on perfectionna le glaçage en faisant passer le papier entre les deux rouleaux d'un appareil appelé lissoir.

*Transformation de la fabrication.* — La première transformation appelée à faire de l'art du papetier une grande industrie a porté sur la façon de triturer les chiffons. On substitue à la trituration par choc la désagrégation des chiffons par frottement et cisaillement en faisant passer ces chiffons entre un cylindre et une platine, tous deux armés de dents métalliques.

L'invention se produisit en Hollande dans la dernière partie du xvii[e] siècle et y demeura longtemps secrète. La plus ancienne description des cylindres appelés hollandais parait être celle qu'en donne un architecte allemand, Sturm, en 1717. Les croquis qu'il fournit, de deux piles

Digitized by Google

différentes, prouvent que nous nous trouvons bien en présence de premiers essais ; l'une n'a pas de montagne, l'autre pas de platine ; dans la première, la circulation de la pâte devait être bien difficile ; dans la seconde, la trituration ne pouvait être obtenue qu'avec des chiffons fortement attaqués par le pourrissage ou avec une rapide usure de la rampe en bois contre laquelle les lames des rouleaux pressaient la pâte.

L'appareil qui sert encore, avec des modifications dans la taille et la solidité des lames, soit pour défiler le chiffon, soit pour raffiner la pâte à papier, a été constitué en empruntant à l'un des types tracés par Sturm son saut de pile, et à l'autre sa platine.

L'invention des cylindres se répandit rapidement en Allemagne, plus lentement en France, où elle rencontra des échecs nombreux jusqu'au jour où un papetier hollandais, Ecrevisse, installa ces outils à Annonay puis à Essonnes. Écrevisse était un praticien consommé, il a établi deux tracés théoriques de rouleau et de platine qui correspondent très exactement aux deux natures de travail que l'on peut demander aux cylindres.

Le premier figure un ensemble, où tous les tranchants sont aiguisés, et donnent des pâtes très maigres. En adoptant le deuxième type où toutes les lames présentent à leur sommet une surface plane, on obtiendra des pâtes très grasses.

La pratique actuelle use, suivant le genre de production voulue, de types intermédiaires entre ces modèles extrêmes.

L'industrie papetière a retiré d'immenses avantages de l'invention des cylindres hollandais ; elle allait être dotée d'un outil qui la transforma.

Cet outil est la modeste machine que construisit, en 1798, un contremaître de la papeterie d'Essonnes : Nicolas-Louis Robert.

La machine Robert était mue à bras ; elle se composait d'une toile sans fin sur laquelle un cylindre à palettes plongeant dans une cuve projetait de la pâte. La toile recevait une série de secousses transversales qui permettaient l'enchevêtrement des fibres et facilitaient l'égouttage de la pâte ; c'était la traduction mécanique des oscillations que les mains de l'ouvrier impriment à la forme. La largeur et l'épaisseur de la feuille étaient réglées. La pâte ayant déjà perdu de l'eau par égouttage à travers la toile était comprimée entre deux presses ; la feuille avait pris corps et pouvait être enroulée sur un dévidoir. *L'invention de Robert comprend* (à l'exception des pompes aspirantes), sous une forme qui seule a été perfectionnée, tout l'outillage de la table de fabrication.

L'époque à laquelle elle se faisait jour (1798) était peu favorable aux entreprises industrielles. L'argent qui ne se trouvait pas en France fut cherché en Angleterre par M. Saint-Léger Didot, propriétaire de l'usine d'Essonnes où travaillait Robert.

Un autre brevet, paru en 1801 à Londres, reproduit exactement celui de Robert.

En 1803, Gamble, beau-frère de Didot, fait connaître quelques légers perfectionnements apportés à la machine de 1801.

Mais en 1807, Gamble et Fourdrinier produisirent une machine très supérieure à ses devancières. Il ne lui manquait, pour ressembler aux nôtres, que des pompes aspirantes, dont Canson fut l'inventeur, en 1846, et les sécheurs à vapeur.

Digitized by Google

Avec ces deux compléments, la machine à papier est devenue un admirable et puissant instrument prêt à répondre à toutes les exigences de qui la sait ou la veut utiliser dans les limites fixées par la seule nécessité de la faire desservir par des hommes.

L'eau, dans laquelle les fibres se meuvent et le tissu se forme, est enlevée, tout d'abord, par égouttage, puis par succion, aspiration et enfin, par vaporisation.

Toutes ces opérations se succèdent, lentement au début, quand les machines marchent à 2 ou 3 mètres par minute; mais le travail, tout en restant le même, peut être confié à des facteurs plus nombreux et plus puissants : on allonge les tables de fabrication, on multiplie les pompes, les presses, les sécheurs. Nous obtenons ainsi les machines modernes dont la vitesse va atteindre 200 mètres par minute.

Cependant la feuille qui sort avec la vitesse de 200 m par minute de la presse humide est la feuille même dont Robert a imaginé et réalisé la fabrication. C'est son idée qui vit dans la puissante machine du xx[e] siècle comme dans le modeste outil de 1798.

*Matières premières.* — A côté du chiffon l'industrie papetière emploie en grande quantité le bois mécanique, le bois chimique, la paille et l'alfa. M. Dupont a su très habilement utiliser la ramie pour des fabrications spéciales. En 1900, on a produit des cartons avec de la tourbe. On parle aujourd'hui de cultiver le vieux papyrus en Égypte, non plus pour lui demander le tissu végétal resté pendant des siècles le dépositaire de la pensée humaine, mais pour se servir de ses fibres comme on se sert de celles de la paille et de l'alfa.

M. Le Président remercie M. Blanchet de sa communication aussi intéressante que complète. Le conférencier, par sa documentation exceptionnelle, a montré combien il est expert dans cette fabrication, qu'il pratique, à Rives, avec une réputation bien connue.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. Ch. Cuau, E. Degrémont, G. Embry, R. Heurtey, L. Mussi, U. Pradère, J. Vidal, comme Membres Sociétaires Titulaires et de :

M. A. Mettler, comme Membre Sociétaire Assistant.

MM. L. Morin, P. Lafarge, A. Poulet, Ed. Rambault de Barallon, J. Saconney, P. Lebrun, L. Fèvre, G. Genis, J. Prudhomme, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

**La Séance est levée à onze heures**

*L'un des Secrétaires techniques :*
F. Clerc.

Digitized by Google

# ÉTAT ACTUEL

DE

# L'INDUSTRIE FRIGORIFIQUE

PAR

M. Ch. LAMBERT

---

L'obtention du froid, c'est-à-dire la réalisation industrielle continue du refroidissement des fluides, est un problème intéressant à plus d'un titre.

Il occupe cependant une place bien modeste dans l'enseignement et dans les ouvrages généraux de Physique Industrielle.

Il y a donc opportunité à exposer brièvement quelle source féconde d'applications on a déjà pu en obtenir, et à préciser l'immense avenir des industries qui s'y rapportent.

Au point de vue purement scientifique, je dois indiquer quelle véritable révolution a été occasionnée par la liquéfaction industrielle des gaz réputés permanents. La découverte de l'argon, du crypton, de l'hélium, aussi bien que les études faites sur le régime des fluides aux très basses températures ont entièrement renouvelé nos conceptions et nos hypothèses sur la constitution de la matière.

Notre Société s'est déjà occupée de la question lors des premières tentatives de conservation des denrées par le froid.

Plus récemment, notre savant collègue M. de Marchena en deux communications très complètes avait fixé la théorie des machines à air et celle des machines à gaz liquéfiables.

Les progrès de la thermo-dynamique, la connaissance plus précise de certains coefficients et du régime physique réel des fluides aux basses températures, rendraient évidemment nécessaires de nombreuses rectifications numériques aux calculs qu'il nous présentait à cette époque, des modifications mêmes à certaines de ses conclusions. Son ouvrage n'en constitue pas moins un cadre précis pour toutes études nouvelles et en vérité une œuvre magistrale, dont on doit féliciter l'auteur.

Je crois également inutile de rappeler la communication de M. Pictet, les expériences si ingénieuses de M. d'Arsonval et le mémoire de notre Collègue M. Claude sur l'air liquide.



Digitized by Google

Lors du cinquantenaire de notre Société (année 1898) j'ai eu l'honneur de donner dans le volume publié à cette occasion une courte notice où je résumais très succinctement les diverses méthodes de production industrielle du froid, ainsi que les principales applications qui en dérivaient.

Voici quels étaient les termes et la conclusion de mon étude :

CONCLUSION.

« Ainsi que nous le disions en commençant ce travail, l'indus-
» trie frigorifique n'existait pour ainsi dire pas, il y a cinquante
» ans. La rapide énumération que nous venons de présenter
» montre quel est, dès à présent, son champ d'action. Celui que
» l'avenir peut lui réserver est immense, particulièrement dans
» le domaine des arts chimiques. Dans une étude succincte, nous
» ne pouvons indiquer quelles prévisions on peut faire ; mais il
» est incontestable que peu d'industries ont devant elles une
» aussi absolue certitude de développement.

» Déjà, par la diversité d'applications si rapidement réalisées,
» on peut se faire une idée de ce que les découvertes ulté-
» rieures pourront amener ; personnellement, nous pensons que
» l'étude des actions chimiques aux basses températures réserve
» des surprises inespérées.

» La fabrication de la glace ne suffit pas aux demandes et, là
» même où elle est créée, elle devient aussitôt insuffisante par
» l'accroissement inespéré de la consommation en toutes saisons
» et sous tous les climats.

» La conservation, le transport de toutes les « denrées péris-
» sables », ainsi que le disent si justement les Anglais, n'est
» encore qu'au début de son application. C'est une obligation
» absolue de demain pour tous les peuples d'Europe, devant
» l'augmentation croissante des agglomérations des villes ; c'est
» aussi l'avenir pour les producteurs, par la suppression des
» méventes et la régularisation des cours des denrées sans
» pertes possibles. Le gain excessif prélevé par les intermé-
» diaires entre producteurs et consommateurs n'a pas d'autres
» causes.

» Il est regrettable de constater qu'en France cette industrie
» n'a pas la faveur ni l'attention qu'elle mérite. Elle est peu
» connue, et l'on ne soupçonne pas ce qu'elle sera plus tard,
» bien que les idées initiales qui en ont fait le succès soient

Digitized by Google

» presque toutes venues de notre pays, au grand profit de nos » rivaux. Le monde industriel semble méconnaître ou ignorer » son avenir ; il y a là une prévention absolument injustifiée » que devrait dissiper l'étude de ce qui se passe à l'étranger.

» Évidemment cette branche de l'Art de l'Ingénieur ne se » présente pas avec tout le brillant et l'aspect séduisant des » applications de l'électricité par exemple, auxquelles toute la » faveur publique est résolument acquise. Et cependant, nous » persistons à penser que, prochainement, dans les pays indus- » triels les plus avancés, le capital engagé dans les affaires » frigorifiques ira de pair avec celui engagé dans les affaires » électriques.

» Actuellement, tout est à créer en France, bien que l'utili- » sation du froid y soit plus indiquée que dans n'importe quel » pays, de par la nature même de notre principale richesse : la » production agricole. »

Huit années bientôt écoulées depuis l'époque de cette communication constituent, pour une branche quelconque de l'activité industrielle moderne, une période suffisante pour pouvoir examiner si mes prévisions de cette époque résultaient simplement de l'enthousiasme et de l'optimisme professionnel ou si au contraire la pratique les a justifiées.

## Exposé.

J'ai donné pour titre et pour objet à ma communication « L'État actuel de l'Industrie Frigorifique », c'est assez dire que je ne veux pas refaire le fastidieux historique de la question (1).

(1) *Un précurseur peu connu de la conservation des denrées par le froid.* — Le Chancelier François Bacon, le grand apôtre de la philosophie expérimentale, était destiné à mourir victime de sa doctrine. Il avait remarqué que la neige pouvait être employée avec avantage dans le but de soustraire les substances animales à la putréfaction.

Par une journée très froide, tout au commencement du printemps de l'année 1626, il descendit de voiture près de Highgate pour faire un essai. Il entra dans une ferme, acheta une volaille et, de ses propres mains, il la farcit avec de la neige. Au cours de cette opération, il fut subitement pris d'un frisson et d'un malaise tel qu'il lui fut subitement impossible de rentrer à son hôtel. Le Comte d'Arundel, avec qui il était très lié, possédait une maison à Highgate ; on y transporta Bacon ; le Comte était absent, mais ses gens témoignèrent le plus profond respect, et prodiguèrent les soins les plus dévoués à l'illustre hôte, lequel, après une semaine environ de maladie, expira le jour de Pâques 1626, dans les premières heures de la matinée. Il semble que son esprit ait conservé sa vigueur et sa vivacité jusqu'au bout. Il n'oublia pas la volaille qui avait été l'occasion de sa mort. Dans la dernière lettre qu'il ait écrite d'une main qui, comme il dit, pouvait à peine tenir la plume, il n'oublia pas de mentionner que l'essai fait avec de la neige avait réussi pleinement, « excellently well ».

*Essais*, de Lord Macaulay *Lord Bacon.*

Digitized by Google

**Tableau I.**

| | |
|---|---|
| 1° Machines à absorption. | |
| 2° Machines à détente d'un gaz. . . . . . . | Avec utilisation de puissance mécanique extérieure. |
| 3° Machines à évaporation d'un liquide.. . . | Avec utilisation de puissance mécanique extérieure. |

**Tableau II.**

| | |
|---|---|
| *(a)* Utilisation de la solution ammoniacale. . . | E. Carré, Rouart frères, Imbert, Pontifex, Wood, Vallicely, Hignette. |
| *(b)* Utilisation de la détente de l'air. . . . . . | Windhausen, Giffard, Bell et Collmann, Haslam, J. et E. Hall, Popp, Claude. |
| *(c)* Utilisation de la détente de l'air pour obtention de très basses températures et liquéfaction des gaz . . . . . . . . . . . | Linde, Tripler, Pictet, Claude, etc. |
| *(d)* Utilisation de l'évaporation de : | |
| L'éther ordinaire. . . . . . . . . . . | F. Carré, E. Carré. |
| L'éther méthylique. . . . . . . . . | Tellier. |
| L'acide sulfureux . . . . . . . . . . | Pictet. |
| L'acide sulfo-carbonique . . . . . . | Pictet. |
| L'ammoniac. . . . . . . . . . . . . | Linde, Osenbruck, Mertz, Klibourn, de Lavergne, Puplett, Fixary, Wood et Richemond, Sterne, Sulzer frères, Pontifex, Lebrun, etc. |
| Le chlorure de méthyle. . . . . . . | Douane. |
| L'acide carbonique. . . . . . . . . | Windhausen, Hall, Escher et Wyss, Société Dyle et Bacalan, Sabroe, etc. |

Digitized by Google

### Tableau III.

| | Compresseurs | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ME** Machines mues par courroie avec moteur extérieur. | CH horizontaux | CI indépendants | MG Machines pour fabrication de glace. | | Liquéfacteurs. |
| **MAV** avec moteur à vapeur. | ou | ou | ML ou refroidissement direct des liquides. | | LI à serpentins immergés. |
| **MAE** avec moteur électrique. | CV verticaux. | GL accolés à l'une ou aux deux autres cuves du liquéfacteur. | MF Machine pour refroidissement des locaux. | MFG par circulation de liquide incongelable. | LR à ruissellement. |
| **MAG** avec moteur à gaz. | | | | MFD par détente directe. | |
| | | | | MFFS par ventilation froide obtenue avec des frigoriférés à surface à ruissellement ou mixtes. | |
| | | GLE et de l'évaporateur. | MN Machines spéciales pour navires. | | |

*Cette classification permet de caractériser rapidement l'installation mécanique d'une usine frigorifique quelconque.*

Je devrai me borner à vous signaler les résultats acquis par la pratique et l'expérience, en notant au passage les progrès accomplis, la sélection naturelle faite dans les nombreuses inventions qui ont été essayées, ainsi que les espérances que peuvent faire naître des essais ou des travaux récents.

Les tableaux ci-dessus, empruntés à la publication du Cinquantenaire, permettront de suivre avec ordre et méthode chacune des parties de notre étude.

A titre documentaire et pour permettre la classification immédiate d'une machine quelconque nous donnons les tableaux I, II et III.

Le tableau III a été méthodiquement établi, il permet la classification immédiate de l'outillage d'une installation frigorifique quelconque.

Notre mise au point à ce jour ne comporte que de très brèves observations que nous résumons ainsi :

1° La production du froid par les moyens chimiques dérivant de l'usage des mélanges réfrigérants est restée nulle ou plutôt limitée à l'obtention de très petites quantités de glace, sans qu'il soit possible d'apercevoir aucun développement industriel probable de ce procédé.

2° Quelques perfectionnements de détail ont été apportés à la construction des appareils à absorption (solution ammoniacale) qui s'emploient encore fréquemment en Amérique et en France pour la fabrication de la glace.

Nous estimons, mais c'est là une opinion toute personnelle, que les critiques faites contre leur emploi dans les magasins frigorifiques restent entièrement injustifiées.

3° Ainsi qu'il fallait s'y attendre, l'emploi de fluides à pression élevée dans les machines frigorifiques s'est développé de plus en plus; c'est ainsi que les machines à acide carbonique sont employées maintenant concurremment avec les machines à ammoniaque et nous voyons la Société Linde, qui est la firme la plus importante pour ce genre d'appareils dont elle s'était instituée le champion, offrir maintenant à sa clientèle les machines à acide carbonique en même temps que les machines à ammoniaque.

Il faut donc en conclure que la grande querelle scientifique qui s'était élevée il y a quelques années entre le professeur Linde et MM, Lorenz et Stetefeld s'est terminée en faveur de ces derniers qui proclamaient l'équivalence finale au point de vue du

Digitized by Google

rendement industriel de l'acide sulfureux, de l'ammoniaque et de l'acide carbonique.

Ajoutons que, pour ces trois genres de machines qui sont le plus employées, on est arrivé à réduire considérablement la quantité nécessaire d'eau de condensation, grâce à l'emploi de condenseurs à ruissellement, en même temps que la plus parfaite construction des machines permettait de garantir un rendement de 3.300 à 3.900 frigories par cheval-heure indiqué ; il y a là évidemment un progrès intéressant.

4° Une tentative intéressante vient d'être faite pour grouper ingénieusement et de façon nouvelle les divers organes constituant une machine frigorifique à acide sulfureux, pour en rendre le fonctionnement aussi simple et aussi automatique que possible.

Le brevet Audiffren-Singrun vient à peine d'être publié, mais les appareils ne sont pas encore dans le commerce.

5° J'avais relégué fort imprudemment, il faut l'avouer, le système de production du froid par le vide, dans le domaine des appareils destinés simplement à figurer à la section historique du Conservatoire des Arts et Métiers : c'est toujours une erreur de supposer un progrès impossible à réaliser et il faudra tenir grand compte, dans l'avenir, du développement possible des appareils basés sur ce principe.

On construit maintenant des pompes à piston donnant un vide presque parfait; dès lors, l'évaporation de l'eau peut s'effectuer en entrainant mécaniquement les vapeurs émises, bien que leur tension soit extrêmement faible. Il est donc possible de refroidir directement l'eau que l'on veut faire congeler, en lui enlevant sa chaleur propre par évaporation. Un appareil à piston basé sur ce principe est essayé en Amérique où, paraitrait-il, il aurait donné de bons résultats, malgré le très faible rendement mécanique de la pompe travaillant à d'aussi faibles pressions d'aspiration. La congélation de l'eau est instantanée, la mise en route de la machine immédiate ; il est en outre possible de faire d'énormes blocs de glace et c'est ce qui explique finalement, que la glace obtenue puisse être produite à un prix comparable à celui qui résulte de l'emploi des machines à gaz liquéfiable.

Il faut attendre le très heureux résultat de l'appareil Leblanc qui n'est pas encore construit industriellement et dans lequel on obtient un vide presque parfait au moyen d'injecteurs à vapeur.

Digitized by Google

6° Il peut sembler inutile de dire que l'air liquide ne saurait être employé pour la fabrication de la glace ou le refroidissement des locaux, dans l'état actuel de ses moyens de production, mais le nombre incalculable de demandes qui nous sont faites à tout instant prouve bien que c'est une erreur sur laquelle il y a lieu d'insister.

Pas plus il ne serait possible d'effectuer le chauffage d'un appartement au moyen de l'arc électrique qui donne de la chaleur à haut potentiel, pas plus il ne faut penser utiliser l'air liquide, c'est-à-dire, du froid à haut potentiel, pour obtenir des températures modérées comme celles de fabrication de la glace ou de l'air des entrepôts frigorifiques. Le prix de la frigorie produite avec de l'air liquide est actuellement vingt ou trente fois plus élevé que celui de la frigorie obtenue dans les appareils à gaz liquéfiable.

7° Nous convions les électriciens, qui regorgent actuellement de forces disponibles, à examiner s'il n'y aurait pas un gros intérêt pour eux à faire de la production du froid un dérivé ou un sous-produit de leur industrie. Ils le peuvent par l'emploi des appareils connus, mais le rêve d'avenir serait d'obtenir des frigories avec la même facilité que l'on obtient actuellement des calories par le courant électrique dans les appareils de chauffage déjà largement utilisés.

Il existe une réaction thermo-électrique dans laquelle on constate un abaissement de température; un brevet anglais avait été pris pour un appareil producteur de froid basé sur ce principe; il n'a rien donné de pratique jusqu'à ce jour; mais nous estimons qu'il y a des chances pour que l'avenir nous apporte un beau matin quelque découverte sensationnelle qui mettrait d'accord les champions et les défenseurs de l'acide sulfureux, de l'ammoniaque et de l'acide carbonique.

J'en ai terminé avec la question des machines productrices de froid; si les progrès qu'il faut retenir ne sont pas des plus importants, nous verrons plus tard, que dans le domaine des applications, nous trouverons une large compensation.

Dans les ouvrages où sont décrites les applications du froid industriel, celles-ci sont présentées successivement sans que rien indique quelle est l'idée générale qui en motive le groupement et c'est pourquoi j'ai essayé, dans la nouvelle classification que je vous présente, de grouper méthodiquement chaque genre d'applications avec celles qui s'en rapprochent par l'uti-

Digitized by Google

lisation d'un même dispositif de production ou d'emploi du froid.

Il va de soi que si le principe est le même pour chacune des applications, il faut tenir compte cependant, dans chaque cas, des données spéciales tenant à l'espèce du résultat industriel que l'on veut obtenir, ainsi que de la nature du produit traité.

On trouvera des détails très complets, précis et documentés sur l'industrie frigorifique, dans deux ouvrages récents : les Machines à glace et les Applications du froid dans l'industrie dû au savant Docteur Perret, et Production et Utilisation du froid par M. Marchis, le distingué professeur de la Faculté de Bordeaux.

## Utilisations pratiques du froid artificiel.

### 1° Congélation de l'eau.

Fabrication de glace opaque, transparente, stérilisée, carafes frappées, glaces alimentaires.

Piste de patinage.

### 2° Production et maintien d'une température et d'un degré hygrométrique déterminés dans des locaux fermés.

*a)* Conservation et transport de toutes les denrées alimentaires périssables ou des produits altérables à l'air extérieur (viandes, poissons, fruits, légumes, lait, beurre, œufs, fleurs, graines, semences, bulbes, liquides organiques, cacaos, plantes médicinales, mélasses, sirops, truffes, champignons, houblons, appâts de pêche) (entrepôts, magasins, navires, wagons frigorifiques).

*b)* Obtention d'un régime stable de température ou d'hygrométrie dans certains ateliers et magasins industriels :

Magasins d'explosifs, ateliers de fabrication des articles en caoutchouc, manipulations des benzines, des essences, des parfums et liquides volatils, ateliers de batteurs d'or, de fabrication des articles en corrozo.

Ateliers de préparation de charcuterie, salaisons, conserves en boites.

Chambres de conservation très froides pour fourrures, lainages.

Digitized by Google

### 3° Régularisation directe des fermentations vives ou lentes par l'obtention d'une température déterminée dans toute la masse de corps solides ou liquides.

Rassissement et conservation temporaire des viandes réfrigérées.

Maturation de la crème pour la fabrication du beurre.

Maturation des fromages

Fermentation des moûts pour la bière, le vin, le cidre, vieillissement des vins.

Bières fabriquées en dépôt dans les caves de garde ou de débit.

### 4° Utilisation des effets physiques du froid.

Congélation des terrains aquifères pour percement des tunnels et fonçage des puits de mines, construction de barrages.

Clarification des vins, cidres, extraits et vins pharmaceutiques par précipitation des sels en excès dissous à température élevée, dégorgeage des vins mousseux.

Durcissement et démoulage rapide de certaines matières fabriquées et coulées à chaud : chocolats, gélatine, colle, savon, stéarine, margarine, collodion des plaques photographiques.

Cristallisation des sels peu solubles dans l'eau à basse température (sels de Stassfürt, sels de soude et de potasse).

Régularisation de certaines réactions chimiques productrices de chaleur : fabrication de la nitro-glycérine, préparation des bains de teinture.

Préparation de corps instables à la température ordinaire ou augmentation du rendement des appareils qui les produisent (fabrication de l'ozone), produits chimiques dérivés du chlore).

Liquéfaction des gaz (air liquide, oxygène, hydrogène, etc.

Condensation des vapeurs issues de liquides volatils, récupération des goudrons, benzines, du sulfure de carbone, de l'alcool, de l'éther employés comme dissolvants industriels, préparation des éthers, des parfums, distillations et rectifications fractionnées, préparation du chloroforme chimiquement pur.

Digitized by Google

### 5° Séparation ou dissociation physique de certains mélanges de liquides a points de congélation différents.

Concentration du lait, du petit lait, du vin, du cidre, enlèvement d'une partie de l'eau de constitution sous forme de glace pure.

Démargarination des huiles d'olive.

Rectification des huiles de pétrole.

### 6° Dessiccation de l'air ou des gaz par liquéfation a froid de la vapeur d'eau.

Desséchement de l'air des souffleries de hauts fourneaux.

Maintien du degré hygrométrique convenable dans les habitations, salles de réunion, hôpitaux, particulièrement dans les climats tropicaux.

Séchoirs frigorifiques où le même volume d'air circule constament en circuit fermé (séchage des produits fermentescibles ou altérables, drèches, fruits, plantes médicinales, poudres de lait, de viande, farines composées, amidon, dextrine, bois de placage, etc.

### 7° Étude et reproduction constante de certains phénomènes physiques, chimiques ou biologiques, aux basses températures.

Laboratoires d'essais des matériaux de construction, chaux, ciments, mortiers. Essais des rails et aciers.

Laboratoires de physiologie et de biologie.

Étouffage des cocons, sélection des graines de vers à soie.

Traitement des plantes des forceries pour la production intensive.

Reproduction dans nos climats de la flore alpestre ou arctique.

Utilisation du froid en thérapeutique.

Destruction des moustiques et des larves par l'action du froid dans les pays tropicaux (prophylaxie de la fièvre paludéenne, fièvre jaune).

Ainsi que nous le disions plus haut, on se rendra compte, par cette énumération qu'il serait impossible de passer en revue chacune des applications qui viennent d'être classées; il y a de quoi remplir plusieurs volumes et nous ne pouvons

Digitized by Google

qu'engager le lecteur à se reporter aux deux ouvrages véritablement scientifiques où l'on trouvera la description des appareils et procédés se rapportant à chaque spécialité.

Néanmoins la classification que nous avons présentée démontre bien, que, dans chaque groupe, le même probléme physique est à résoudre, et que les appareils industriels seront les mêmes pour chaque cas aux différences de dimensions et de puissance près.

Nous devons nous borner à être le chroniqueur rendant compte des quelques nouveautés ou des applications peu connues qu'il importe de signaler à l'attention, celles-ci pouvant d'ailleurs donner naissance à bien d'autres applications dans des industries particulières où il importe de réaliser un degré de température ou d'hygrométrie régulier.

### *Groupe n° 1.* — Fabrication de la glace.

Cette industrie est très connue, on peut dire que c'est l'application industrielle la plus importante du froid artificiel.

La question de la transparence de la glace, à laquelle le public attache bien à tort une grande importance, a été fort étudiée.

Pour répondre à des considérations hygiéniques, on fabrique aujourd'hui de la glace transparente avec de l'eau distillée et rebouillie. Pour produire cette eau distillée, la vapeur des échappements des machines motrices ne serait pas en quantité suffisante, puisque de bons moteurs à vapeur ne doivent pas dépenser pratiquement plus de 10 kg de vapeur par cheval et par heure, qu'avec cette même force motrice on peut obtenir de 18 à 25 kg de glace. On emploie donc des appareils rectificateurs à double et triple effet, assez coûteux, qui augmentent naturellement le prix de revient de la glace (1).

Pour obtenir des blocs parfaitement transparents jusqu'au centre, on arrête la congélation lorsqu'il ne reste plus qu'au centre de la masse un noyau liquide de quelques centimètres de diamètre que l'on vide complètement pour y verser de l'eau distillée rebouillie qui se congèlera lentement, en ayant la même température que l'enveloppe extérieure.

On a longtemps attribué l'opacité de la glace à la présence de l'air dissous naturellement dans l'eau et qui adhérait au moule

(1) Voir page 597.

Digitized by Google

métallique de congélation, pour ensuite se retirer peu à peu vers le centre en laissant des canaux ou sillons nuisibles à l'homogénéité de la transparence de la glace formée. Cet effet se produit évidemment; mais il n'est pas la cause unique de l'opacité, et la meilleure démonstration nous a été faite en utilisant des appareils de production de glace transparente où l'on se servait de bulles d'air comprimé pour produire au sein du liquide l'agitation nécessaire à la fabrication.

Ce dernier système n'a pas donné les résultats qu'on en attendait; on se sert actuellement de préférence du système à eau distillée, ou plus communément du système dit à agitation, dans lequel des lames en bois ou métalliques servent à brasser l'eau pendant toute la durée de la congélation.

Avec ce dernier procédé il reste toujours au centre du mouleau une partie non transparente; mais, en pratique, la glace ainsi obtenue est parfaitement acceptée par la clientèle.

La glace est un produit de peu de valeur : les constructeurs de machines frigorifiques sont en mesure actuellement de garantir un prix de revient de 3,25 f à 5 f la tonne de 1 000 kg, suivant l'importance des installations et le climat de la contrée dont il s'agit.

En Allemagne, les entrepôts frigorifiques municipaux livrent couramment de la glace à la clientèle à 8, 10 et 12 f la tonne, ce qui laisse encore un bénéfice assez sensible.

Les prix pratiqués en France sont beaucoup plus élevés : dans les ports de mer, où il y a concurrence entre la glace de Norvège et la glace artificielle; on vend de 14 à 20 f la tonne pour des livraisons importantes à Paris et, dans les grandes villes, la vente en gros se fait au tarif de 15 à 30 f la tonne.

La majoration très importante résulte des frais énormes résultant de la fusion, du transport et des frais généraux inhérents à une installation dont le chiffre d'affaires est extrêmement variable; pas mal d'usines ne travaillent en effet que six mois de l'année.

Il nous semble que la centralisation excessive des usines de fabrication de glace a dépassé le but économique que l'on pouvait espérer atteindre par la production en grand. Ce que l'on a gagné à l'usine se trouve compensé et bien au delà par les dépenses supplémentaires de transport, livraison, pesage et déchets par fusion ou débitage des blocs. Il est très possible que la réalisation de petits appareils réellement pratiques pour la fabrica-

Digitized by Google

tion individuelle de la glace chez les intermédiaires, rendue d'autant plus facile actuellement par le développement de la distribution de la force motrice électrique à domicile, vienne bouleverser bien des situations acquises par les grosses Sociétés qui tendent peu à peu à monopoliser ce commerce.

Nous devons cependant ajouter, comme correctif, que la récente loi sur le repos hebdomadaire, appliquée à tous les commerces de l'alimentation, va obliger tous les commerçants en denrées périssables à utiliser les glacières, sinon les petites installations mécaniques de production de froid.

Il se peut dès lors que l'augmentation de consommation de glace ou de froid ainsi réalisée, se traduise tout simplement par un développement simultané des fabriques de glace actuellement existantes et de la vente des petites machines productrices de glace ou de froid.

*Groupe n° 2.* — PRODUCTION ET MAINTIEN D'UNE TEMPÉRATURE ET D'UN DEGRÉ HYGROMÉTRIQUE DÉTERMINÉS DANS DES LOCAUX FERMÉS.

Les chiffres généraux, qui seront donnés plus loin, du commerce mondial des denrées alimentaires démontreront l'extraordinaire développement de ce genre d'application du froid.

Une seule observation doit être retenue, elle a son intérêt historique et pratique et se rapporte à la construction même de locaux frigorifiques.

En consultant les prospectus et catalogues des constructeurs d'il y a une dizaine d'années, on ne sera pas peu surpris de constater qu'à cette époque, cependant si rapprochée, très peu des principaux intéressés avaient notion exacte de l'importance énorme d'une bonne isolation des locaux frigorifiques.

C'est à peine si, pour des locaux très froids, on indiquait la nécessité des revêtements isolants sur les murs des chambres frigorifiques et, dans la plupart des cas, on négligeait tout revêtement isolant sur le plafond et sur le plancher; c'était là une erreur colossale qui a causé bien des mécomptes; il en résultait nécessité absolue du fonctionnement continu des machines frigorifiques et, malgré tout, des oscillations très grandes dans la température des chambres, ce que nous reconnaîtrons être absolument nuisible à la bonne conservation des produits.

Les constructeurs et praticiens allemands, qui se confinaient presque exclusivement, on peut le dire, dans le problème de la

Digitized by Google

fabrication de la glace ou de réfrigération des caves de brasseries, ont une grande part dans la propagation de cette erreur lamentable. C'est très timidement qu'ils indiquaient l'emploi du compartimentage d'air dans les murailles des chambres, isolation insuffisante et inefficace, d'ailleurs très coûteuse. Au surplus, ceci pouvait s'admettre pour des caves de brasseries avec la nécessité des hautes constructions à étages permettant ce luxe sans grande dépense supplémentaire. C'était même admissible pour les entrepôts ordinaires, mais il a bien fallu suivre la pratique des constructeurs anglais et américains, dès qu'il a été nécessaire d'aborder le problème de la conservation des denrées par la congélation, application, en somme, toute récente en Allemagne.

Aujourd'hui la nécessité d'une parfaite isolation de toutes les faces d'une chambre frigorifique n'est pas discutée ni discutable, mais néanmoins encore peu connue dans ses détails d'application, et bien des entrepôts frigorifiques officiels ou privés récemment construits sont extrêmement critiquables à cet égard; on peut dire que c'est sur ce point particulier qu'il y a lieu d'apporter la plus sérieuse attention et de requérir les conseils des praticiens.

La superstition courante de la nécessité d'établir les entrepôts frigorifiques en sous-sols ou en caves a complètement disparu. On s'est rendu compte que, pour toutes sortes de raisons et en particulier pour l'économie de construction et pour la bonne conservation des matériaux isolants, les entrepôts à rez-de-chaussée et à étages sont infiniment plus économiques de construction et d'exploitation que les entrepôts frigorifiques en sous-sols ou en caves.

Il est également devenu de pratique courante de calculer les machines frigorifiques d'un entrepôt pour un maximum de fonctionnement de dix heures par jour, tout en garantissant une oscillation maximum de 2 degrés pour la température intérieure des chambres froides, malgré vingt heures d'arrêt des machines.

A titre d'exemple d'une application curieuse, peu connue de la régularisation du degré calorique et hygrométrique d'une atmosphère, nous citerons l'industrie des batteurs d'or et les fabrications des objets en corrozo.

Dans les ateliers des batteurs d'or, la baudruche qui sépare les feuilles d'or soumises au laminage à froid, se contracte inégalement sous l'influence d'un excès de chaleur ou d'humidité.

Digitized by Google

rendant ensuite presque impossible un travail régulier en été.

Il en est de même de l'industrie du corrozo; cette matière végétale ne se travaille bien au tour ou avec différents outils, que dans certaines conditions de température et d'humidité.

Il a suffi, dans les deux cas, de réaliser artificiellement les conditions reconnues les plus favorables pour l'air de ventilation des salles de travail, au point de vue hygrométrique et calorifique, pour arriver à supprimer tous changements et tous déchets de fabrication.

Nous arrivons maintenant à la question si intéressante du magasinage des explosifs.

## Refroidissement des soutes à munitions et dépôts d'explosifs (1).

Les poudres modernes et certains explosifs puissants deviennent très instables lorsqu'ils sont soumis à une température de plus de 28 degrés centigrades (+ 28° C).

Il peut y avoir, et il y a eu des cas de combustion spontanée, et, j'ose le dire, des événements retentissants, comme l'explosion de la poudrière de Toulon, peuvent être attribués à l'échauffement des poudres.

Sans qu'il soit besoin d'insister, on conçoit l'extraordinaire importance de la question. Je ne veux pas divulguer de fâcheux secrets, mais je causerai peut-être une pénible surprise en disant qu'il est presque impossible d'avoir de la poudre sans fumée en bon état en Algérie, en Tunisie, et en Indo-Chine. Je ne me dissimule pas la gravité d'une pareille déclaration, elle est malheureusement bien fondée.

On imagine aisément quelles peuvent être les angoissantes préoccupations et l'effroyable situation morale d'un commandant de navire, d'un cuirassé par exemple, ayant charge et responsabilité d'un bâtiment valant 30 ou 40 millions de francs, de la vie d'un équipage de 5 ou 600 hommes, et qui n'ignore pas qu'il a, dans les soutes à munitions de son navire, un véritable volcan prêt à faire explosion lorsque la température atteint 28 et 30 degrés. Or ce cas se présente fréquemment, non seulement dans les traversées des mers tropicales (de la mer Rouge en particulier), mais aussi dans les eaux métropolitaines, en été.

(1) La communication de M. Lambert a été lue en séance de la Société le 15 février, l'explosion du cuirassé *Iéna* s'est produite le 28 mars. (N. D. R.)

Digitized by Google

lorsque le navire force de vitesse, que le chauffage des chaudières est intensif, et que les parois métalliques du bord deviennent autant de conducteurs de chaleur qui ont augmenté la température des magasins à poudre.

Il y a là pour la défense nationale un problème du plus haut intérêt; il y a là au point de vue budgétaire une question qui, plus que bien d'autres, devrait retenir l'attention de nos législateurs. On sait, ou plutôt on ne sait pas, que le « radoubage des poudres », c'est-à-dire le remplacement annuel des munitions et approvisionnements d'explosifs défectueux, coûte tous les ans une somme que je ne puis évaluer avec précision, mais que des renseignements certains et positifs me permettent de fixer à 5 ou 6 millions, peut-être 10 millions par an. Je ne parle pas de l'insécurité morale qui résulte, pour nos troupes ou pour nos équipages, de l'emploi de munitions plus ou moins avariées ne donnant aux tirs de combat aucun des résultats de polygone ou des tables de tir. Ne retenons, et c'est déjà suffisant, que le danger constant pour les hommes et les meilleures unités de notre flotte, et la dépense formidable annuelle de renouvellement.

Si l'on avait fait, une bonne fois et dès l'origine, les dépenses nécessaires pour mettre les approvisionnements des munitions en bonnes conditions de magasinage, le capital en serait depuis longtemps remboursé par des économies annuelles; mais de pareilles mesures ne sont pas d'ordre administratif, paraît-il.

Ce domaine, d'ailleurs, nous échappe; ne parlons que de ce qui a été fait, et de ce que l'on pourrait ou devrait faire.

L'air de ventilation des soutes à munitions contient des vapeurs d'éther, inflammables par conséquent, ce qui double encore l'insécurité.

Le problème se pose de la façon la plus simple et la plus précise en disant : il faut maintenir les soutes ou les appareils à une température plus basse que 30 degrés et renouveler l'air de l'atmosphère, tout en évacuant de l'air chargé de vapeurs d'éther.

La poudre sans fumée employée par l'armée française est un mélange de collodions spéciaux, qui donne des résultats balistiques remarquables. Des poudres analogues sont employées par des nations étrangères.

Des cas d'inflammation spontanée ont déjà été constatés sur plusieurs de nos navires le *Charles-Martel*, le *Duperré*, le *Bruix*, le *Descartes*, le *Forbin*, le *Vauban*.



Digitized by Google

D'autres accidents analogues ont été constatés dans les marines de guerre étrangères et l'on attribue la perte totale (bâtiment et équipage) du *Maine* (États-Unis) en 1898, du *Mikasa* (Japon) et de l'*Aquidaban* (Brésil) à l'inflammation spontanée des poudres.

Il en est de même pour l'explosion de la poudrière de Lagoubran à Toulon. Rappelons enfin que l'on a vu des caisses de poudre s'enflammer spontanément en été : un accident de ce genre s'est produit à Marseille, il y a peu d'années, une caisse de poudre s'est enflammée, en pleine rue, sur un camion servant au transport.

Le danger est d'autant plus grave que l'on peut affirmer qu'une poudre qui a été exposée pendant quelques heures à la température de 35 degrés, a subi une décomposition et peut s'enflammer à tout moment dans un délai impossible à préciser, sans que l'on sache pour quelle cause exacte l'inflammation se produira.

En examinant la question au seul point de vue frigorifique, je signale l'erreur commise dans toutes nos installations de cuirassés où l'isolation des parois ou soutes est insuffisante, de même que les appareils frigorifiques n'ont pas la puissance requise.

On peut disposer aujourd'hui de matériaux isolants, parfaitement incombustibles, ne donnant pas une transmission calorique de plus de 0,3 calorie par mètre carré heure et différence de un degré. Ces matériaux aussi légers que le liège conviendraient parfaitement pour ce cas spécial.

Diverses solutions ont été expérimentées dans les marines française et étrangères.

On pouvait se demander s'il fallait refroidir ou ventiler ou bien ventiler et refroidir les magasins ; fallait-il faire ces deux opérations ensemble ou les faire séparément ?

Je dirai immédiatement que la solution qui apparaît comme la meilleure consiste à ventiler les cales par de l'air préalablement refroidi dans des frigorifères spéciaux pour obtenir à la fois la diminution de la température et un suffisant renouvellement de l'atmosphère, qui se charge peu à peu de vapeurs d'éther. Il convient également de bien isoler les parois des soutes, en les revêtant de matériaux isolants aussi légers et aussi incombustibles que possible, afin de diminuer l'apport de chaleur extérieure.

La ventilation froide, et par conséquent le renouvellement de

Digitized by Google

l'atmosphère intérieure des soutes et magasins, peut se faire à intervalles réguliers, afin de ne pas exiger un fonctionnement continu des appareils réfrigérants.

Ces appareils réfrigérants peuvent être de diverses sortes.

On a essayé la détente directe d'air comprimé dans les cales; ce procédé présente divers inconvénients, en raison de l'humidité que contient l'air détendu et du transport possible du givre ou de la neige pulvérulente et même d'huile de graissage, sur les parties délicates des projectiles telles que le détonateur, qui peut se trouver rouillé et inutilisable. Enfin le rendement mécanique de la production du froid par l'air comprimé est extrêmement faible ; il faut dès lors des appareils très volumineux, très encombrants et trop lourds pour les navires.

Partant de ce principe que l'eau de mer à quelques mètres de profondeur ne dépasse pour ainsi dire jamais une température de 20 degrés, on avait cru pouvoir utiliser des frigorifères ou appareils tubulaires, analogues à des condenseurs par surface et dans lesquels on faisait circuler en sens inverse de l'eau de mer et l'air à refroidir.

Cette hypothèse, malheureusement, n'est pas toujours vraie, l'eau de mer est très chaude le long des côtes, dans les mers étroites comme la mer Rouge et plus encore dans les bassins à flot des ports à marée.

On a donc été conduit à l'emploi des machines frigorifiques à gaz liquéfiables et on a utilisé indifféremment les machines à ammoniaque et à acide carbonique dans les flottes anglaise, japonaise, française et russe.

Aux États-Unis, la préférence a été accordée aux machines à ammoniaque : on utilise la circulation de liquide incongelable, les frigorifères producteurs d'air froid étant placés aussi près que possible des soutes à refroidir.

Nous avons nous-mêmes préconisé et fait adopter par la Marine Impériale Russe, pour le cuirassé *Hivinetz*, qui vient d'être récemment envoyé comme stationnaire dans le golfe Persique, une solution mixte basée sur les principes suivants :

Dans le problème de refroidissement de l'air comme il a déjà été expliqué, la partie la plus importante du travail frigorifique est celle que nécessite la condensation de la vapeur d'eau. Cette partie du travail est elle-même d'autant plus grande, que l'air est à une température plus élevée et contient un poids d'eau plus important par mètre cube.

Digitized by Google

Nous avons donc imaginé un frigorifère mixte, à double circulation d'eau de mer et de liquide incongelable très froid, provenant de la machine frigorifique.

La circulation dans cet appareil est méthodique : l'air extérieur est d'abord mis en contact avec les faisceaux tubulaires recevant la circulation d'eau de mer, puis ensuite, avec les serpentins contenant le liquide incongelable très froid.

Dans la première partie du circuit, l'air pris extérieurement par le ventilateur, à + 30 degrés je suppose, sera refroidi de 5 ou de 10 degrés, par exemple, puis ensuite, il se refroidira plus complètement sur le serpentin à liquide incongelable.

Les tables d'hygrométrie démontrent que, s'il est possible de refroidir l'air par l'eau de mer de 30° à + 20°, il perdra 12 g d'eau par mètre cube, alors que, s'il est refroidi de + 20 degrés à 0 degré, soit un écart de température double du précédent, il n'y aura plus à liquéfier que 13 g d'eau; c'est en somme un appareil à cascade qui peut diminuer de près de moitié la puissance requise pour les appareils frigorifiques.

Enfin, et comme il y a indépendance complète entre la circulation d'eau de mer et la circulation du liquide incongelable, on peut employer l'une ou l'autre de ces circulations ou les deux ensemble suivant les cas, mais, en cas d'avarie à l'un ou l'autre des appareils, il reste toujours la ressource de la circulation unique.

Les essais officiels de cette méthode ont donné de bons résultats; il faut attendre maintenant la sanction définitive d'une plus longue expérience, mais nous croyons que cette solution a de grandes chances d'être universellement adoptée.

Les appareils réfrigérants employés pour les soutes servent en même temps pour maintenir la température dans des chambres spécialement aménagées pour la conservation des vivres frais, et la fabrication directe de glace.

Une dérivation de la circulation de liquide incongelable permet aussi le rafraîchissement des chambres spéciales pour l'équipage, l'état-major et l'infirmerie.

Pendant la guerre du Transvaal, les Anglais ont obtenu des résultats sanitaires merveilleux pour les fiévreux et les opérés, en utilisant le refroidissement artificiel des cales et, pour qui sait la mortalité effrayante sur nos transports dans la traversée de la mer Rouge ou de l'Équateur, pour tous les malades ou blessés rapatriés des colonies, la nécessité d'une installation semblable dans notre flotte paraîtra très évidente.

Digitized by Google

On peut également affirmer que l'adoption de chambres frigorifiques pour la conservation des vivres frais constituerait un progrès économique considérable.

C'est un anachronisme que de voir embarquer du bétail vivant sur nos navires de guerre; on devine dans quel état il est livré à la consommation et le prix fantastique auquel revient le kilogramme de viande si l'on tient compte des dépenses d'eau, de fourrage, des soins journaliers, etc., etc.

Le consommation de viande de conserves en boîtes est remplacée par celle de la viande fraîche; ce qui ne peut qu'améliorer les conditions d'hygiène de l'équipage, mais en même temps on peut ainsi substituer de la viande fraîche coûtant 1,10 f le kilogramme à de la viande de conserves en boîtes qui revient au bas mot à 2 f ou 2,20 f le kilogramme.

La rapidité du ravitaillement dans les ports de guerre ne pourrait qu'y gagner, et c'est ce que les Anglais ont compris depuis longtemps, en installant de très importants entrepôts dans tous leurs arsenaux ou stations navales à Gibraltar, Malte, Suez, Port-Saïd, Aden, Singapour, etc., etc.

Rien que par l'économie ainsi réalisée, on pourrait payer dès la première année toutes les installations frigorifiques nécessaires à bord de nos bateaux.

En ce qui concerne plus spécialement les soutes à munitions, j'estime que c'est une erreur grave d'admettre la possibilité de température de 20 à 25 degrés, comme on le fait actuellement et, à mon avis personnel, la véritable solution du probléme consisterait à refroidir suffisamment les soutes et les munitions à une température maxima de + 5 à + 10 degrés, en telle manière que la tension des vapeurs d'éther soit réduite dans de grandes proportions et que l'accumulation de froid ainsi produite permette les manutentions extérieures des charges de poudre, même en plein été, sans aucun danger.

Cette obtention d'une basse température aurait également l'avantage de permettre de réduire la puissance nominale horaire des appareils frigorifiques, puisque un arrêt de machine, même d'une certaine durée, ou un échauffement anormal produit par un accident, tel qu'une fuite de vapeur dans un compartiment voisin, ou le séjour en cale sèche en été, serait sans influence sensible sur la composition des poudres, car la température des soutes exigerait plusieurs jours pour remonter à 25

Digitized by Google

ou 30 degrés, température actuellement acceptée pour le magasinage normal.

Ceci, évidemment, n'empêcherait pas les précautions usuelles, c'est-à-dire l'emploi de thermomètres avertisseurs et enregistreurs, de révélateurs incorporés à la poudre, pour en déceler tout changement de composition chimique aussi bien que l'ensemble des précautions minutieuses édictées par les règlements.

Il est à noter également, que les appareils frigorifiques récemment brevetés, dont nous avons parlé au début de notre communication, permettront une grande diminution de poids et d'encombrement dans les installations nécessaires.

Cette question devrait être étudiée très sérieusement, non seulement pour les navires des stations lointaines, pour les poudrières, dans nos arsenaux ou stations navales, mais encore pour l'ensemble du ravitaillement de nos escadres dans tous les ports.

Des recherches sont poursuivies actuellement pour obtenir des réceptacles à munitions pratiquement étanches aux vapeurs d'éther ou d'alcool; il en est déjà ainsi avec les approvisionnements de certains canons à tir rapide. Le jour où cette mesure sera généralisée, il n'est pas douteux que le problème du refroidissement des soutes sera simplifié.

J'en ai terminé, avec ce chapitre, d'une des applications les plus curieuse de l'industrie frigorifique, que l'on ne s'attendait pas à trouver dans l'outillage des engins de destruction et de mort que sont les navires de guerre, pas plus que l'on eût pensé, il y a quelques années, voir ces apppareils faire partie intégrante de l'outillage métallurgique.

## Emploi de l'air desséché artificiellement en métallurgie.

L'attention a été attirée sur cette question par une communication faite en 1904 à l'Académie des Sciences, où elle a été accueillie avec un grand intérêt, tant en raison du résultat remarquable qu'elle faisait connaître que de la notoriété de M. Picard, qui la présentait au monde savant.

Depuis cette époque, de nombreuses controverses se sont élevées sur les théories pouvant expliquer ou justifier le résultat obtenu.

Digitized by Google

Si cette question a attiré vivement l'attention des métallurgistes, pourquoi ne pas avouer qu'il en a été de même chez les constructeurs des machines frigorifiques?

L'invention avait d'ailleurs un caractère commun avec beaucoup d'autres bruyamment présentées en Amérique.

Un des Ingénieurs les plus éminents de la Société Schneider, qui s'est occupé de la question, a démontré qu'il y a près d'un siècle que les métallurgistes anglais avaient eu la notion précise de l'économie de coke constatée en hiver et de l'influence fâcheuse de l'humidité de l'air en été sur la marche des hauts fourneaux. L'un d'eux même, pour y remédier, avait eu l'idée d'entourer les tuyaux de refoulement du vent avec de la glace pour liquéfier la vapeur d'eau et diminuer la température de l'air aspiré par les machines soufflantes.

Il s'en suit que le procédé Gayley ne peut revendiquer utilement que les dispositifs de refroidissement et de dessiccation de l'air et non point le principe même de la méthode.

Il ne nous appartient pas d'essayer de prendre place dans la discussion technique si ardue, et tout au plus pouvons-nous nous permettre d'y apporter notre bien modeste contribution, sur les calculs d'installation, d'utilisation et de rendement des machines frigorifiques qui font partie du système.

Pour résumer les diverses publications et les théories émises jusqu'à ce jour sur ce sujet, nous indiquons que l'on peut justifier l'économie du système innové par M. Gayley, par les considérations suivantes :

1° L'air saturé d'humidité de 2° à 30 degrés contient de 17 à 30 g d'eau par mètre cube; il en résulte qu'un haut fourneau dans lequel on souffle 20 à 30 000 m³ de vent par heure, peut recevoir ainsi de 340 à 900 kg de vapeur d'eau.

Cette vapeur d'eau peut subir la dissociation par l'effet de la haute température en absorbant une quantité considérable de chaleur.

Cette décomposition s'effectue au voisinage immédiat des tuyères, c'est-à-dire dans la zone où se produisent les phénomènes physiques ou chimiques exigeant une température élevée, tels que la fusion de la fonte et du laitier, la réduction de la silice, etc., réactions qui ne peuvent se produire qu'au-dessus d'une température minima rigoureusement exigible et au-dessous de laquelle on brûle le combustible en pure perte.

Il y a donc perte de combustible pour amener le phénomène

Digitized by Google

de la dissociation, ce qui peut chiffrer par 3 à 5 °/₀ du combustible total; il y a aussi une perte supplémentaire inconnue, mais certainement importante, provenant d'une mauvaise marche, lorsque la température minima requise près des tuyères n'est pas atteinte.

Une hypothèse, tout aussi vraisemblable, consiste à admettre que la vapeur d'eau, en présence du carbone à haute température, donne de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène et ultérieurement de l'acide carbonique.

De ce chef, il y a une nouvelle perte de combustible que le calcul indique comme plus importante que celle provenant du phénomène de la dissociation.

La perte connexe résultant de l'abaissement de la température au voisinage immédiat des tuyères vient aussi augmenter notablement la déperdition due à la seule réaction chimique.

En examinant successivement ces deux phénomènes, nous avons calculé que, dans certaines circonstances de marche, la perte brute due seulement au phénomène chimique pouvait atteindre de 40 à 100 kg de coke par tonne de fonte; mais, par contre, la perte moyenne en été n'a pas été trouvée supérieure à 50 ou 80 kg, les chiffres étant d'ailleurs de variabilité extrême, suivant les hypothèses faites.

Ces chiffres ne tiennent pas compte de la perte connexe due à la moindre température près des tuyères, ni de l'action réductrice utilisée certainement de l'hydrogène mis en liberté.

2° Lorsque l'air est aspiré chaud et humide, il contient par mètre cube une quantité d'oxygène moindre que lorsqu'il est aspiré froid et sec comme c'est le cas dans l'installation frigorifique par M. Gayley.

La moindre teneur en oxygène nécessite une augmentation du volume d'air refoulé pour l'obtention d'une même température près des tuyères. Il y a donc, de ce fait, introduction de nouvelles quantités de vapeur d'eau, dont l'effet négatif a été apprécié plus haut, mais aussi introduction d'une forte quantité supplémentaire d'azote qu'il faut réchauffer à la température du milieu, c'est-à-dire à 1 000 ou 1 200 degrés centigrades.

Ce nouvel emprunt de chaleur, à l'endroit même où il faut de toute nécessité la température minima, produit le même effet que celui qui a été indiqué pour la vapeur d'eau.

Comme la température de l'air et son degré hygrométrique varient constamment d'une heure à l'autre, on peut dire qu'un

Digitized by Google

haut fourneau ne reçoit jamais la quantité de vent qui correspond à la moindre consommation de combustible. Bien au contraire, en raison de l'incertitude dans laquelle on se trouve, on marche constamment à une allure très chaude ou plus exactement avec trop de vent, pour éviter les inconvénients graves qui résulteraient de l'injection d'une trop faible quantité de vent. Il y a donc de ce chef une perte réelle de combustible, se composant de la chaleur emportée par l'azote supplémentaire sortant avec les gaz résiduaires à 200 degrés centigrades augmentée de la force motrice complémentaire demandée aux soufferies.

Dans l'installation faite par M. Gayley pour un haut fourneau recevant 80,000 m$^3$ de vent par heure, cette puissance supplémentaire des souffleries était de 136 ch. Ajoutons enfin que si l'on fonctionne à une allure un peu plus chaude que celle qui serait rigoureusement nécessaire, et c'est ainsi que l'on pratique fatalement, on augmente dans de fortes proportions la perte due au rayonnement extérieur du haut fourneau. Or, comme celle-ci se chiffre par 20 à 30 0/0 de la chaleur réellement utilisée, toute nouvelle augmentation sur ce coefficient peut amener un appoint important dans la consommation de combustible.

3° D'après l'étude de M. Le Chatelier, qui confirme en cela les vues de M. Gayley, un avantage sérieux en faveur du nouveau procédé proviendrait de ce que l'emploi de l'air sec permettrait d'obtenir une fonte plus pure et moins sulfureuse.

Dans cette théorie, la vapeur d'eau servirait exclusivement à fournir un véhicule au soufre contenu dans le coke et l'économie résulterait simplement de ce que, pour arriver à une même teneur en soufre, on pourrait marcher à une allure plus froide avec l'air sec.

4° Si l'emploi de l'air sec a pour résultat de rendre constant, pour une même composition de minerai, le volume d'air insufflé (volume moindre que celui qui est refoulé pratiquement en été), on aura une moindre vitesse d'écoulement du gaz dans les réchauffeurs, et, par conséquent, un meilleur rendement de ces appareils. Le vent sera ainsi obtenu à une température plus élevée sans dépense supplémentaire de chauffage et on obtient une nouvelle économie de combustible.

Toutes ces diverses considérations physiques, chimiques et de pratique technique se superposent probablement et permettraient de donner une explication suffisante de l'économie considérable

Digitized by Google

relatée dans le mémoire de M. Gayley. Néanmoins, comme aucune théorie, ni aucun calcul précis ne permettent de justifier complètement cette économie (qu'il est cependant de courtoisie élémentaire de considérer comme exacte, puisqu'elle a pour elle des répondants aussi notables que MM. Picard et Gayley), on ne peut qu'attendre avec intérêt une expérience dans les usines métallurgiques en France.

Il nous est permis d'affirmer, et cette fois en toute connaissance de cause, que l'installation frigorifique de dessiccation d'air, telle qu'elle nous est décrite dans la note de M. Gayley, comporte de larges perfectionnements et améliorations possibles dans son rendement.

La chambre de refroidissement d'air présente des dispositions très critiquables et qui ne sont nullement en harmonie avec les progrès réalisés dans l'industrie frigorifique en Europe. Nous indiquons en particulier l'insuffisance d'isolement des parois, le défaut de méthodicité dans la circulation de l'air et du liquide froid, l'absence de dégivrement automatique, etc., etc.

Les masses de neige et de glace entourant les tuyaux, et que M. Heurteau décrivait dans son mémoire, étaient la preuve évidente et visible d'une disposition fâcheuse, contraire à l'économie du fonctionnement.

Après avoir recueilli le plus grand nombre possible d'avis compétents et autorisés, nous croyons fermement que l'application du nouveau procédé constituera un progrès sensible, tant au point de vue de la qualité des produits que de la sécurité et de l'économie de marche.

On a objecté que la marche des hauts fourneaux, en Russie ou dans nos pays en hiver, avec de l'air sec, par conséquent, ne montrait qu'une économie peu sensible. Nous trouvons, au contraire, dans cette remarque une raison très sérieuse en faveur de la thèse de M. Gayley. La perte par rayonnement du haut fourneau atteint et dépasse 30 0/0 de la chaleur réellement utilisée et doit augmenter considérablement en hiver, particulièrement aux époques de grands vents.

Si donc l'insufflation d'air naturellement sec produit une économie de combustible suffisante pour contre-balancer l'augmentation de perte extérieure par rayonnement et même de laisser un léger bénéfice, nous pouvons conclure, avec une presque certitude, que cette économie réalisée est très sérieuse,

Digitized by Google

beaucoup plus que les calculs directs ne pouvaient le faire entrevoir.

Le tableau ci-contre donne les calculs relatifs à trois types différents de hauts fourneaux.

PRIX D'INSTALLATION.

Il a été calculé que, pour développer la puissance frigorifique moyenne en été, ce qui correspond dans le tableau général aux chiffres obtenus pour l'air à + 20 degrés demi-saturé, il fallait des installations frigorifiques de :

137 000 frigories par heure. Haut fourneau H1 recevant 10 000 m³ de vent ;

274 000 frigories par heure. Haut fourneau H2 recevant 20 000 m³ de vent.

411 000 frigories par heure. Haut fourneau H3 recevant 30 000 m³ de vent.

Chaque installation comprendrait :

Deux machines frigorifiques ;

Deux moteurs à gaz ;

Un frigorifère pour la puissance totale ;

Accumulateurs de froid ;

Pompes, ventilateurs, accessoires.

Chacune des machines frigorifiques sera d'une puissance un peu supérieure à la moitié de la puissance moyenne calculée ci-dessus. On aurait par exemple :

Installation H1. Deux machines de 780 kg de glace à l'heure chacune ;

Installation H2. Deux machines de 1 500 kg de glace à l'heure chacune ;

Installation H3. Deux machines de 2 200 kg de glace à l'heure chacune.

Grâce à la présence d'accumulateurs de froid, on pourra franchir aisément les périodes de fonctionnement où, l'air étant très chaud ou très humide, la production horaire des machines serait insuffisante.

C'est une raison déterminante pour l'emploi du système de frigorifère à circulation de liquide incongelable de préférence à celui de la détente directe qui a été abandonné en Amérique par M. Gayley en raison du danger qu'il présentait, mais aussi et

Digitized by Google

**Calculs établis pour tro**

**recevant respectivement par heure : H1 : 10 000 m**

*Volumes du vent mesurés*

| AIR extérieur à | MODÈLE de haut fourneau | ATMOSPHÈRE SATURÉE D'HUMIDITÉ — POIDS DE COKE CALCULÉ CONSOMMÉ PAR HEURE inutilement par suite de l'entrée de vapeur d'eau avec le vent dans les tuyères — DÉPENSE minimum calculée (dissociation) | DÉPENSE maximum calculée (formation CO) | POIDS DE COMBUSTIBLE nécessaire A LA PRODUCTION DU FROID pour dessécher le vent — CHARBON pour production de force motrice par la vapeur | COMBUSTIBLE pour gazogène ou gaz pauvre | PUISSANCE NÉCESSAIRE par heure en calories négatives ou frigories |
|---|---|---|---|---|---|---|
| degrés | | kg | kg | kg | kg | frigories |
| + 30 | H 1 | 246 | 516 | 127 | 79 | 317 000 |
| | H 2 | 492 | 1 032 | 254 | 158 | 634 000 |
| | H 3 | 738 | 1 548 | 381 | 238 | 951 000 |
| + 20 | H 1 | 142 | 298 | 80 | 49 | 198 000 |
| | H 2 | 284 | 596 | 159 | 99 | 396 000 |
| | H 3 | 426 | 894 | 238 | 148 | 594 000 |
| + 10 | H 1 | 77 | 161 | 45 | 28 | 112 000 |
| | H 2 | 154 | 322 | 90 | 56 | 224 000 |
| | H 3 | 231 | 483 | 135 | 84 | 336 000 |
| 0 | H 1 | 40 | 84 | 20 | 13 | 50 000 |
| | H 2 | 80 | 168 | 40 | 25 | 100 000 |
| | H 3 | 120 | 252 | 60 | 38 | 150 000 |

Étant données les caractéristiques d'un haut fourneau, on trouvera, dans le table

1° *Le débit maximum* de l'installation frigorifique en fixant la température de l'air

2° *La dépense annuelle moyenne* en frigories et combustible en prenant les chiffr toute l'année.

3° *La puissance normale de régime en été* en adoptant les chiffres du tableau q

Digitized by Google

**ypes de hauts fourneaux**
**'air — H2 : 20 000 m³ d'air — H3 : 30 000 m³ d'air**
*- 10 degrés et à 760 mm de pression.*

| ATMOSPHÈRE DEMI-SATURÉE (0,50) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| POIDS DE COKE CALCULÉ CONSOMMÉ PAR HEURE inutilement par suite e l'entrée de vapeur d'eau avec le vent par les tuyères | | POIDS DE COMBUSTIBLE nécessaire A LA PRODUCTION DU FROID pour dessécher le vent | | PUISSANCE NÉCESSAIRE par heure | |
| DÉPENSE minimum calculée (dissociation) | DÉPENSE maximum calculée (formation CO) | CHARBON pour production de force motrice par la vapeur | COMBUSTIBLE pour gazogène ou gaz pauvre | EN CALORIES négatives ou frigories | EN CHEVAUX VAPEUR pour machine frigorifique pompe et accessoires |
| kg | kg | kg | kg | frigories | ch |
| 123 | 258 | 84 | 53 | 210 000 | |
| 246 | 516 | 168 | 105 | 420 000 | |
| 369 | 774 | 252 | 158 | 630 000 | |
| 72 | 150 | 55 | 35 | 137 000 | Moyennes en été 70 |
| 144 | 300 | 110 | 69 | 274 000 | 137 |
| 216 | 450 | 165 | 103 | 411 000 | 205 |
| 40 | 81 | 32 | 20 | 79 000 | Moyennes annuelles 40 |
| 80 | 162 | 64 | 40 | 158 000 | 79 |
| 120 | 243 | 95 | 60 | 237 000 | 118 |
| 20 | 41 | 13 | 8 | 32 000 | |
| 40 | 82 | 26 | 16 | 64 000 | |
| 60 | 123 | 39 | 24 | 96 000 | |

**-dessus :**
**) degrés avec saturation.**
**latifs à l'air demi-saturé + 10 degrés pour vingt-quatre heures par jour pendant**

**rrespondent à la température de 20 degrés et à l'air demi-saturé.**

Digitized by Google

surtout, croyons-nous, pour obtenir plus de régularité dans l'opération.

En calculant très largement le prix de revient de ces installation, nous aurons :

Installation H1 (10 000 m³ à l'heure). Prix global 200 000 f.
Installation H2 (20 000 m³ à l'heure). Prix global 300 000 f.
Installation H3 (30 000 m³ à l'heure). Prix global 400 000 f.

Comptons que l'intérêt du capital, l'amortissement et les frais de réparations seraient fixés à quinze pour cent (15 0/0) par an, ceci correspondrait à :

H1. . . . . . . . . . . 30 000 par an;
H2. . . . . . . . . . . 45 000 par an;
H3. . . . . . . . . . . 60 000 par an.

Ces dépenses correspondraient aux achats de :

H1. 2 000 t de coke par an (15 f la tonne);
H2. 3 000 t de coke par an (15 f la tonne);
H3. 4 000 t de coke par an (15 f la tonne).

Soit une dépense équivalente à la consommation :

230 kg de coke par heure de marche (frigories H1);
340 kg de coke par heure de marche (frigories H2);
450 kg de coke par heure de marche (frigories H3).

Ces chiffres permettront d'établir très rapidement, et d'une façon approximative, le bénéfice que l'on pourrait attendre d'une installation.

S'il avait été possible de baser une évaluation sur la quantité de vent injectée par tonne de fonte produite, qui varie extraordinairement (de 2 500 à plus de 4 000 m³ par tonne de fonte), nous aurions pu dire que la dépense relative à l'achat de l'installation frigorifique exigerait, pour être couverte, une économie minimum de 40 à 55 kg de coke par tonne de fonte.

Si donc l'économie nette obtenue par M. Gayley, atteint 150 à 180 kg de coke par tonne c'est que son installation diminue la quantité de coke employé de près de 200 à 230 kg par tonne de fonte produite... et c'est un splendide résultat.

Nous devons ajouter que les prix prévus pour les installations frigorifiques sont des maxima et que, dans la majeure partie des cas, ils pourront être réduits considérablement, par exemple

Digitized by Google

si la force motrice est déjà installée, si l'eau est en abondance dans l'usine, etc.

Des métallurgistes allemands ont été vérifier sur place en Amérique les résultats annoncés par M. Gayley et il faut reconnaître que leurs rapports sont entièrement en faveur du procédé.

Néanmoins, il paraît résulter de l'ensemble des discussions techniques très sérieuses, qui ont eu lieu à la suite de ces constatations que si le procédé Gayley est réellement avantageux en Amérique, cela tient surtout à ce que dans ce pays les appareils de chauffage du vent ne sont pas aussi perfectionnés que ceux que l'on emploie en Europe et que, par conséquent, l'adoption de la dessication artificielle de l'air dans nos pays présenterait un moindre intérêt que celui reconnu par les métallurgistes américains.

Les trois diagrammes que nous donnons ci-après montreront néanmoins tout l'intérêt technique de la question.

Le premier diagramme donne les poids successifs d'un même volume de 1 000 m³ d'air pris à différents degrés de saturation entre — 20 et + 40 degrés.

On constatera que 1 000 m³ d'air sec, aspirés à 20 degrés, pesent 1 390 kg et contiendraient 320 kg d'oxygène.

Par contre 1 000 m³ d'air saturé d'humidité à + 40 degrés centigrades ne pèseraient plus que 1 097 kg dans lesquels on trouverait 240 kg d'oxygène.

On voit donc que pour un même volume engendré par les pistons des machines soufflantes, il peut y avoir une considérable différence dans le poids du comburant c'est-à-dire d'oxygène injecté.

Le diagramme 3 donne précisément la différence qui résulte dans la quantité de charbon qu'un même volume d'air permettra de brûler utilement dans les deux cas.

Les énormes différences de rendement utile de la soufflerie, au point de vue de la combustion expliquent qu'elle est l'élasticité nécessaire de leur production et l'énorme surcroît de force motrice qu'il faut dépenser en été.

C'est à ce titre surtout, qu'il convenait de mettre en évidence les résultats que l'utilisation des appareils frigorifiques permettait d'obtenir.

Digitized by Google

## Courbes des poids de vapeur d'eau contenue dans 1000 mètres cubes d'air
### pour différents degrés de saturation de - 20° à + 40°



Fig. 1.

Digitized by Google

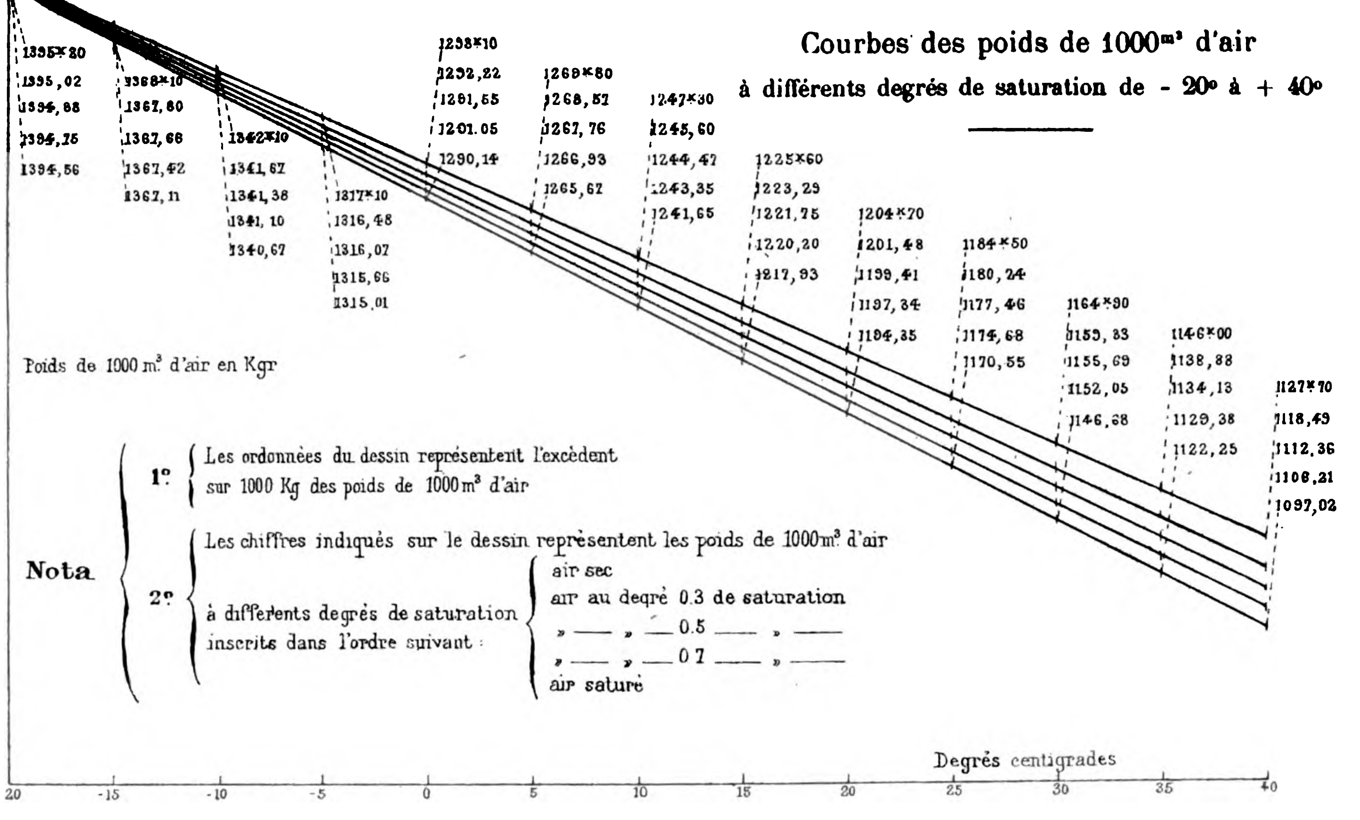
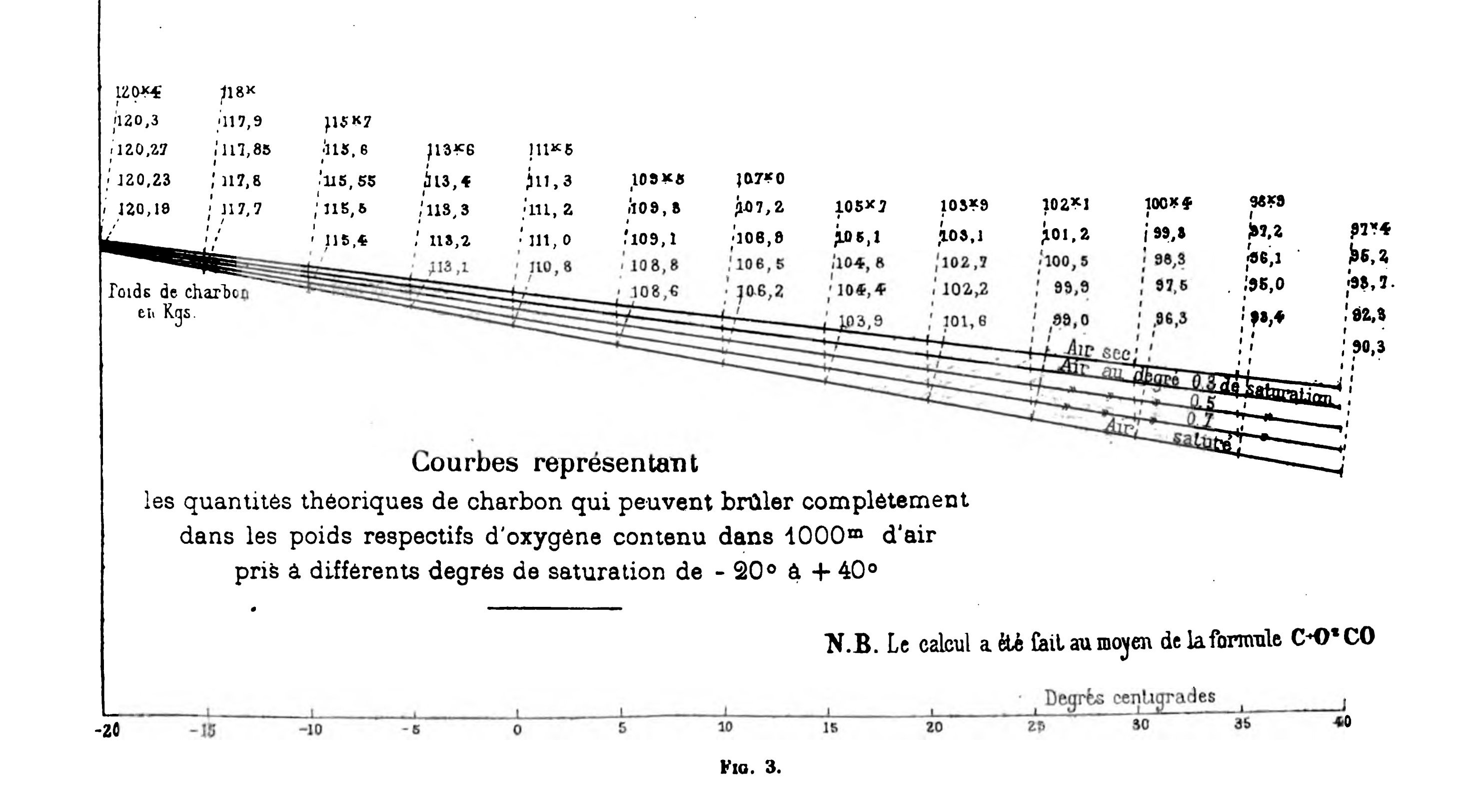



FIG. 2.



Digitized by Google




**Courbes représentant**

les quantités théoriques de charbon qui peuvent brûler complètement dans les poids respectifs d'oxygène contenu dans 1000m d'air pris à différents degrés de saturation de - 20° à + 40°

N.B. Le calcul a été fait au moyen de la formule C+O = CO

Fig. 3.

Digitized by Google

## Le froid en horticulture.

On sait que la plupart des plantes ont une durée de floraison très limitée. C'est à peine si le muguet et le lilas, par exemple pourraient fournir normalement des fleurs pendant un mois par an.

Malgré les envois de fleurs provenant de différentes régions de la France, le marché de Paris se trouverait rapidement démuni de cette marchandise de luxe, devenue cependant par son emploi coutumier un article de première nécessité, si l'ingéniosité des horticulteurs n'avait su trouver différents moyens de produire à contre saison des fleurs coupées et des plantes fleuries. C'est une véritable industrie qui s'est ainsi développée et son chiffre d'affaires ne fait que croître tous les ans.

Le premier moyen employé est le forçage calorifique, c'est-à-dire le chauffage des plantes ou des boutures sous châssis, ou dans des serres vitrées convenablement aménagées, ce qui permet d'avancer l'époque de la floraison et d'avoir des fleurs dès la fin de l'hiver ou le commencement du printemps.

Un moyen bien curieux vient d'être tout récemment utilisé. Il consiste à soumettre les plants ou les boutures à l'éthérisation ou à la chloroformisation. L'opération se fait simplement en soumettant les plantes à traiter à l'action des vapeurs d'éther ou de chloroforme dans une caisse ou une cloche de forme convenable où l'on fait évaporer le liquide volatil (éther ou chloroforme). Sous l'influence de ces vapeurs, une action bizarre se produit dont nous essaierons de donner l'explication dans notre théorie du régime des chambres frigorifiques, et ces végétaux, qui n'auraient donné des feuilles et des fleurs que dans un délai très long, sont devenus aptes à subir le forçage calorifique sous châssis ou en serres en donnant des produits dans un délai très court si le chauffage est suffisant. Ce qui nous intéresse, c'est l'application frigorifique qui permet d'obtenir le même résultat, mais par une méthode inverse des précédentes.

En plaçant les bulbes ou les plantes dans une chambre frigorifique on empêchera toute manifestation de la vie végétale, on stabilisera en quelque sorte les plantes soumises à l'expérience qui ne reprendront vie et activité qu'après sortie de la chambre frigorifique à telle époque que l'on voudra. En un mot, le séjour dans la chambre frigorifiques amène dans l'époque de la florai-

Digitized by Google

son un retard qui peut être de plusieurs mois et même d'une année.

Là encore on n'a fait qu'imiter un phénomène naturel bien contaté, qui est le retard normal de la végétation et de la floraison sur les hautes montagnes et dans les pays arctiques.

Aussi la réfrigération des griffes de muguet par exemple, est-elle devenue le corollaire indispensable de la culture dans les plaines de production des environs de Hambourg, et c'est grâce à ce magasinage frigorifique que l'exportation de cet article est devenu possible à destination des pays éloignés comme le Japon, la République Argentine, etc., etc.

Rien pour que la ville de Hambourg, ce commerce se chiffre annuellement par plusieurs millions de francs.

De très puissantes installations frigorifiques sont consacrées au magasinage du muguet à Berlin, Hambourg, Dresde, et la température des chambres de l'entrepôt atteint — 3 et — 5 degrés, température de congélation que l'on ne croirait pas possible d'utiliser pour des végétaux et qui cependant s'effectue couramment sur des milliers de caisses contenant chacune 2500 à 3000 griffes de muguet,

Tout naturellement la France, pays de grande production florale, est tributaire de l'étranger pour cette application du froid; les bulbes de lis des Bermudes et du Japon sont entreposés en Angleterre, de même que les azalées en pots dont nous faisons de gros achats.

Dans les Établissements Thomas Rochefort en Angleterre, des magasins distincts sont affectés aux différentes catégories de plantes : la section japonaise reçoit les bulbes de lis, la section allemande reçoit les griffes de muguet, la section hollandaise est consacrée au magasinage, les spirées, azalées et arbustes, enfin la section anglaise reçoit toutes les plantes du pays.

Des essais heureux ont été tentés récemment pour appliquer ces procédés aux arbustes à feuilles persistantes.

Jusqu'à présent il était très difficile d'avoir quantité suffisante pour la vente si active des fleurs au 15 août, particulièrement des lis, des hortensias, des roses, etc. La question est maintenant résolue et fait l'objet d'entreprises très fructueuses.

Nous devons ajouter que l'action frigorifique de retarder la floraison ne pourrait pas être employée avec succès sur n'importe quelle plante : même dans les espèces où elle a pleinement réussi, il a fallu, par une adaptation et une sélection

Digitized by Google

progressives, arriver à établir des plantes ayant subi une accoutumance progressive, et, faute de cette précaution, l'action brutale du froid ne donnerait sur les plantes traitées que des fleurs avortées ou chétives, très petites ou d'un coloris insuffisant.

Dans l'opération du magasinage frigorifique l'emploi d'air très sec serait nuisible: il faut, au contraire, pour les azalées par exemple, avoir de l'air relativement humide, ce à quoi on arrive en plaçant dans les chambres magasins, des bâches mouillés ou mieux encore des morceaux de glace dont la fusion lente à + 2 degrés donne une suffisante évaporation.

Un nouveau champ d'action s'ouvre également aux horticulteurs hardis : c'est la reproduction de la flore des glaciers et de la région arctique que seuls quelques explorateurs intrépides ont pu admirer jusqu'ici.

Ces plantes se développent sur une très faible couche de terre arable, le sol réchauffé dans la journée par les rayons du soleil n'est dégelé qu'à peu de profondeur. On peut très bien imiter ces conditions naturelles de vie auxquelles se sont adaptées ces plantes dont les racines rampent en quelque sorte sur la glace fondante, en recouvrant d'une faible épaisseur de terre végétale et de terreau des plaques refroidies sur lesquelles on maintient artificiellement une petite épaisseur de glace.

## Conservation des fleurs.

Les fleurs si fragiles, peuvent très bien se conserver par le froid. Ce fait peu connu est la démonstration éclatante que l'action frigorifique convenablement dirigée ne peut en aucune manière altérer les produits périssables et les denrées alimentaires, quoique cependant ce soit le reproche courant et le pré jugé bien établi dans l'opinion qu'il ne peut en être autrement.

Tout récemment le distingué professeur d'horticulture de la Côte-d'Or, M. Mercier, a démontré que, dans une simple glacière, il était possible de conserver pendant trente ou quarante jours toutes les fleurs de notre pays, mais particulièrement les boutons et des fleurs d'oranger, sur la fragilité desquels je n'insisterai pas.

Les conditions de cette conservation des fleurs sont maintenant bien établies, il faut et il suffit de réaliser les conditions suivantes :

Digitized by Google

Les plantes à conserver seront mises à l'abri de la lumière ou tout au moins des rayons chimiques par l'emploi de verres rouges aux ouvertures d'éclairage; enfin une légère ventilation constante sera utile pour prévenir le développement des micro-organismes et des moisissures. Il conviendra aussi de maintenir le degré d'hygrométrie voulu dans l'air froid pour ne pas désséchar les pétales des fleurs.

Donc l'air au degré hydrométrique de 60 0/0 serait déjà nuisible; il faut au moins 85 0/0 d'humidité.

Le parfum, très atténué pendant la durée du magasinage, reprend toute sa force après quelques heures de séjour à la température normale; les fleurs placées dans l'eau dureront à peu près le même temps que si elles venaient d'être cueillies.

La meilleure température de conservation parait être comprise entre + 2 à + 3 degrés centigrades.

Il vaut mieux débarrasser les plantes de leurs feuilles qui recèlent toujours quantité de germes de moisissures et, avec ces précautions, les bouvardias, les dahlias, les giroflées, les glaïeuls, les jacinthes, les œillets, les lis en boutons, les pâquerettes, les tulipes ont pu être conservés pendant vingt-cinq à trente-cinq jours, des pivoines ont pu être conservées près de trois et mois et des fleurs d'oranger près de deux mois.

Le résultat a été médiocre pour les lilas et quelques autres espèces, mais peu nombreuses.

## APPLICATIONS DE LA THÉORIE GÉNÉRALE

### Le froid en horticulture.

Si ma théorie générale est acceptable, je dois la soumettre immédiatement au contrôle d'une épreuve d'application.

Je n'en trouve pas de meilleure que d'essayer d'expliquer les conditions si inattendues, si étranges pourrait-on dire que j'ai citées dans le chapitre qui traite de l'application du froid artificiel en horticulture.

Tout se trouve réuni, en effet, dans cette partie très spéciale pour compliquer apparemment la question. N'y voyons-nous pas, en effet, des plantes soumises à la congélation, alors que celle-ci est accusée d'être la cause de tous les désordres possibles au sein des substances organiques cellulaires?

Bien plus, des fleurs fugaces et délicates vont reprendre acti-

Digitized by Google

vité, parfum et coloris dès que cessera la tant redoutée action du froid.

Enfin et par surcroît, un procédé simplement chimique, c'est-à-dire l'action des vapeurs d'éther et de chloroforme, va permettre de produire exactement les mêmes effets que l'action du froid.

Pour tous les auteurs, rien ne relie ces deux méthodes ; ils se sont bornés à constater les résultats sans en rechercher la cause ; la documentation à ce sujet se compose d'une série de recettes que l'on doit appliquer les yeux fermés sans aucune explication.

J'espère, au contraire, vous donner une explication rationnelle et acceptable de faits expérimentaux constatés dans les deux cas, et vous y verrez avec moi le développement harmonieux de principes généraux bien définis.

C'est à les mettre en lumière que je m'appliquerai seulement, en laissant volontairement de côté une série de points de détail qui compliqueraient inutilement l'exposé d'ensemble de ma théorie, laquelle, je le répète, n'a d'autre prétention que de constituer le groupement méthodique provisoire d'un certain nombre de faits d'expérience (1).

N'ayant ni les moyens de laboratoire, ni, je dois bien le dire, la connaissance scientifique nécessaire pour suivre très exactement ce qui se passe dans les tissus végétaux sous l'action du froid, j'ai dû procéder par analogie et par comparaison.

Mes études de l'action du froid artificiel sur les vins ont servi de point de départ. Mais, me direz-vous, quelle liaison est-il permis d'établir entre la sève des végétaux de toute espèce soumis à l'action du froid, et le vin qui est en quelque sorte un produit artificiel ?

J'estime, au contraire, que cette analogie est intime, profonde et complète.

On peut considérer un végétal quelconque comme étant constitué par une carcasse presque inerte de cellules au travers desquelles des réseaux tubulaires extrêmement ramifiés permettent la circulation du liquide essentiel de nutrition et de vie : c'est-à-dire la sève.

A l'analyse, la sève est un liquide composé d'une très forte proportion d'eau tenant en dissolution des matières salines, des substances albuminoïdes et des ferments organisés de diverses natures.

(1) « Le rôle d'une théorie n'est pas d'être exacte, mais d'être utile ».
(Henri Poincaré, de l'Institut.

Digitized by Google

Une circulation incessante permet à la sève d'absorber dans le sol les éléments inorganiques qui lui sont nécessaires, d'y trouver probablement aussi les ferments organisés qui jouent un rôle dans tous les phénomènes de la vie végétale et enfin, grâce à l'évaporation dans les feuilles, il y a dépôt des sels et de toutes les substances albuminoïdes ou autres qui serviront à la formation des cellules nouvelles.

C'est donc bien un liquide analogue au sang des êtres supérieurs ; on peut dire que c'est un liquide vivant dans lequel s'élaborent des réactions nombreuses et des phénomènes d'ordre physique, chimique ou microbiologique par une série de fermentations successives d'ordres très divers.

Le vin est aussi un liquide vivant provenant d'un fruit et qui a subi simplement une fermentation générale ultérieure, laquelle n'a modifié que modérément sa composition primitive par la transformation du glucose en alcool.

Le vin est composé d'une très importante quantité d'eau, contenant en dissolution des sels inorganiques, des matières albuminoïdes, du tannin et enfin des ferments adaptés au milieu dans lequel ils se trouvent. Lorsque du vin est soumis à une température peu élevée, de 14 à 20 degrés par exemple, les ferments entrent en action pour achever la transformation du glucose en alcool, ultérieurement pour donner de l'acide acétique. Il y a également dans ces mêmes conditions transformation des matières albuminoïdes et des combinaisons nouvelles s'élaborent au sein de la masse.

Si, au contraire, on refroidit le vin jusqu'aux environs de 0 degré sans arriver à la congélation, on constate des phénomènes d'un ordre tout différent.

Les sels fixes, tels les tartrates de soude ou de potasse, se déposent, des matières albuminoïdes peuvent aussi se coaguler. Tous les ferments organisés perdent absolument leur action vitale, et les effets chimiques qui en étaient la résultante, pour devenir une sorte de poussière inerte qui se dépose au fond du récipient avec les sels et les autres matières.

Il est facile de voir qu'il en est exactement de même sur la sève des végétaux que l'on soumet à l'action d'un refroidissement suffisant.

Les éléments organisés et les sels se déposent sur les parois des cellules végétales dans lesquelles le liquide est emprisonné et cette action d'épuration du liquide est encore augmentée de

Digitized by Google

ce fait que l'atmosphère extérieure est sèche et permet l'évaporation d'une certaine quantité d'eau.

Si les cellules végétales fixent et retiennent dans leur parois les sels et les matières organiques qui étaient jusqu'à ce moment retenues en dissolution, on expliquera notamment la formation de la matière ligneuse de tous les végétaux par une sorte de pétrification de la chlorophylle ou des cellules vertes au moment de la saison froide.

C'est bien, en effet, ce qui se passe et qui est démontré par l'accroissement *annuel* régulier des couches ligneuses des arbres.

Cette action de dépôt, d'accroissement de la matière dure pour la formation du bois, sera d'autant plus intense que la dessiccation par le vent et l'action concomitante du froid la provoqueront plus activement.

La sève ainsi épurée devient de l'eau presque pure, et dès le printemps suivant, lorsque les conditions de température et d'humidité extérieures le permettront, les phénomènes d'osmose se produiront à nouveau, cette eau presque pure pourra puiser dans le sol de nouveaux éléments solubles; la vie microbienne se renouvellera et s'y développera avec activité pour donner naissance à tout le processus habituel de la vie des végétaux.

La pratique a démontré la justesse probable de cette hypothèse.

On sait, en effet, que, dans les hivers doux et humides où les réactions que nous venons d'indiquer ne peuvent se produire, la pourriture des arbres et des végétaux en général se développe rapidement, la végétation de l'été suivant s'effectue dans de très mauvaises conditions, on peut dire que l'arbre est congestionné et que son sang mal épuré ne lui permet pas de reprendre, par les circonstances favorables, la vie et l'activité habituelles.

Au contraire, dans les hivers d'une rigueur suffisante sans être excessive, l'opération initiale se fera; les couches ligneuses formées seront d'autant plus dures que l'action se fera plus longuement sous l'influence d'un froid prolongé. C'est ainsi que j'expliquerai la préférence bien acquise en qualité, aux bois de Norvège et des régions froides, ainsi qu'aux arbres des hautes montagnes où la saison d'hiver se prolonge longtemps.

Ceci nous permet aussi d'expliquer pourquoi des espèces végétales d'un climat déterminé ne sont pas susceptibles d'acclimatation dans un autre climat très différent au point de vue de la température; il faudra même pour de faibles changements de latitude une acclimatation progressive très longue et encore est-il

Digitized by Google

indispensable qu'un minimum d'action frigorifique indispensable puisse se produire.

Tout est relatif, bien entendu : les arbres des pays tropicaux ont aussi leur hiver, c'est-à-dire une saison plus froide pendant laquelle la réaction épuratrice de la sève pourra s'effectuer. Pour ces arbres, en raison même de la nature du sol, de la haute température de l'été, la composition chimique de la sève sera très différente de celle des arbres des régions froides ou tempérées. Grâce à cette haute température de l'été, les sels moins solubles pourront être en quantité suffisante dans la composition de la sève et se déposer aussi sous l'influence d'un moindre abaissement hivernal.

Le changement de composition dans la qualité des substances dissoutes expliquera également la différence de composition chimique relative entre les arbres des différentes provenances climatériques.

Nous arrivons, par cette théorie, à une constatation bien curieuse, c'est que l'hiver, ou la saison froide, considéré partout et par tous comme une période de repos, sinon d'une mort latente du végétal, est au contraire, et en ce qui concerne notre profit utilitaire, l'époque pendant laquelle se produisent les réactions qui nous intéressent le plus au point de vue de l'accroissement de la matière ligneuse, de la formation du bois, c'est-à-dire de la substance dont l'industrie humaine tire tant de profit.

Lorsque nous plaçons les griffes de muguet ou les plantes dans une chambre frigorifique, nous réalisons en quelques semaines par un hiver artificiel ce que la nature aurait fait en plusieurs mois. Nous utilisons un moyen intensif de produire artificiellement la réaction épuratrice de la sève nécessaire à une nouvelle période de la vie du végétal, et c'est à cela que se borne l'action reconnue nécessaire du froid et de la légère dessiccation qui l'accompagne dans les chambres frigorifiques.

On s'explique alors très aisément qu'une plante de forcerie : cerisier, abricotier, vigne, puisse ensuite, après une première récolte et nouveau traitement frigorifique, donner une, sinon deux nouvelles récoltes dans la même année, tout simplement parce que l'hiver artificiel aura été chaque fois réalisé dans des conditions de rapidité suffisantes.

On voit également qu'en ce qui concerne le magasinage des bulbes, des semences ou des griffes de muguet, l'action frigori-

Digitized by Google

fique est d'abord nécessaire pour épurer à fond la sève qui y est contenue et préparer les cellules végétales à une prompte mise en action vitale; elle s'effectuera dans des conditions de rapidité inconnues précédemment ou qui ne se produiraient pas sur des bulbes ou des boutures non refroidis et qui subiraient cependant ensuite le même forçage calorique sous châssis ou en serres chaudes que les autres végétaux traités par le froid.

Lorsque la sève est soumise à l'action du froid, elle se concentre de plus en plus jusqu'au moment de la saturation et du dépôt de sels et autres substances. Ceci nous explique pourquoi un froid modéré, la congélation même jusqu'à — 5 ou — 8 degrés, peut n'avoir aucune influence nuisible; mais il est bien entendu qu'un froid plus intense comme il s'en produit dans les hivers exceptionnels peut amener aussi l'épuration totale du liquide et la congélation de l'eau résiduaire.

De tout ce qui précède il résulte que, pour *fixer* le régime des chambres froides destinées au magasinage des produits horticultaux, il suffira de déterminer, par l'analyse de la sève des végétaux soumis au traitement, quel en est le point de congélation après deux, quatre, six, dix jours de dessiccation à l'air libre.

Le point de congélation constituera la limite supérieure de la température qu'il ne faut pas dépasser, si l'on veut éviter l'éclatement des cellules.

Inversement le degré de dessiccation sera obtenu pratiquement suivant la grosseur des sujets soumis à l'expérience. On aura donc une fois pour toutes, la dessiccation journalière obtenue par le séjour dans une atmosphère renouvelée par ventilation au degré hygrométrique moyen et à la moindre température fixée dès le début de l'opération pour le séjour au magasin frigorifique.

Il me reste à démontrer que l'action de l'éthérisation ou de la chloroformisation est identique à l'action frigorifique.

Pour que l'agent chimique puisse être employé avec succès, les spécialistes indiquent qu'il faut qu'il soit entré dans la période dite de repos.

Or les arbustes n'y entrent que sous l'action d'une forte gelée qui fait tomber les feuilles, provoque l'épuration de la sève et fait durcir le bois. Comme nous le savons, le même effet peut être obtenu par une sécheresse prolongée venant après que les boutons sont formés, car, si on avait mis l'arbuste en serre avant

Digitized by Google

qu'il se soit reposé, il pourra développer des feuilles, mais les boutons resteront stériles.

On peut donc aussi faire intervenir le magasin frigorifique pour obtenir l'état de repos; mieux vaut dans les petites exploitations, arracher l'arbuste, en couper les feuilles, puis le mettre sous hangar de façon que le bois puisse se dessécher et, après quinze jours à trois semaines, on pourra le soumettre au forçage,

Comme je l'ai dit, le forçage calorifique seul par le chauffage même intensif donnerait de très lents et très médiocres résultats.

Si, au contraire, la plante est soumise à l'action des vapeurs d'éther ou de chloroforme par temps sec pendant environ quarante-huit heures (dosage 1 400 g d'éther par mètre cube ou 100 g de chloroforme par mètre cube), le forçage calorifique donnera des résultats merveilleux.

Il est bien facile d'expliquer l'effet produit par le régime anesthésique.

Les vapeurs d'éther ou de chloroforme arrêteront complètement pour un certain temps l'activité du protoplasma dans les cellules, les ferments de toutes sortes seront eux-mêmes réduits à l'état de matière inerte, mais pouvant reprendre vie ultérieurement, exactement comme cela se passe dans le cas de l'action frigorifique. En outre et comme on sait la très grande affinité chimique de l'eau pure pour l'éther ou le chloroforme, on voit qu'il y aura formation d'hydrate d'alcool donc fixation de l'eau et, par conséquent, sursaturation du liquide, qui déposera les sels qu'il contenait en dissolution absolument comme il l'aurait fait sous l'influence d'une basse température.

En un mot, outre l'action biologique, l'arrêt de l'activité des ferments, il y a aussi action chimique provoquant la sursaturation et le dépôt des sels dissous.

C'est exactement le même phénomène que sous l'action frigorifique, mais par des moyens différents.

Donc, les vapeurs des anesthésiques ont la même influence que le froid intense ou une sécheresse prolongée : la végétation s'arrête, les feuilles tombent, la circulation de la sève est arrêtée et tout cela en quelques heures après lesquelles l'arbuste semble se ressaisir et, comme s'il subissait l'action de la sève printanière, les boutons se gonflent, parfois s'entr'ouvrent, la végétation est stimulée avec une incroyable rapidité et une puissance sans égale.

Digitized by Google

La volatilité même de l'éther et du chloroforme est la raison pour laquelle les plantes revenues à l'air libre pourront reprendre vie et activité surtout sous l'influence du chauffage de la serre. A cette température les dernières parties de vapeurs anesthésiantes disparaîtront rapidement et la plante, ayant subi l'épuration depuis très peu de temps, après un arrêt très minime de sa vie interne et de la circulation des liquides qui l'accompagnent, donnera comme on devait s'y attendre, des résultat d'accroissement et des phénomènes végétatifs qui ne se seraient pas produits normalement.

En résumé, si ces quelques considérations ne constituent pas une véritable théorie de cette nouvelle industrie, au moins peut-on les accepter comme une explication suffisante établissant une liaison entre des phénomènes qui jusqu'à ce jour étaient considérés comme totalement distincts.

## Le commerce mondial des denrées alimentaires conservées par le froid.

Comme on le sait, c'est en Angleterre que l'industrie frigorifique appliquée à la conservation et à la consommation des denrées alimentaires est actuellement le plus largement utilisée.

Les 4/5 de la consommation journalière alimentaire du Royaume-Uni proviennent de l'étranger, qu'il s'agisse de céréales de viandes, de fruits, ou de légumes, de beurre ou d'œufs, ce pays devenu essentiellement industriel est entièrement ravitaillé par les producteurs agricoles de l'Europe entière ou des colonies.

Cette situation est même fort inquiétante pour ce pays qui risquerait rapidement la famine ou tout au moins une augmentation effroyable du prix des denrées de première nécessité en cas de blocus ou d'interruption relativement courte des communications maritimes.

C'est un peu à ce motif qu'il faut attribuer l'immense développement des magasins frigorifiques en Angleterre. Ils constituent, des magasins de réserve de denrées, dont le besoin ne se ferait pas aussi vivement sentir dans les pays continentaux que les chemins de fer peuvent ravitailler rapidement ou qui, comme la France, trouvent sur leur propre sol la majeure partie de leur alimentation.

Digitized by Google

D'après les statistiques les plus récentes (1906), il y avait en service : 182 navires destinés au transport des viandes congelées entre l'Australie, la Nouvelle-Zélande, la République Argentine et l'Angleterre.

Plusieurs de ces navires peuvent transporter en une seule cargaison 100 000 moutons congelés, c'est-à-dire 2 millions de kilogrammes de viande; plusieurs d'entre eux ont une capacité permettant le transport de 130 000 et même 150 000 moutons.

La flotte Cunard, qui fait le service entre les États-Unis du Nord et l'Angleterre, comprend également 18 navires transporteurs de viandes réfrigérées.

La flotte commerciale de ravitaillement représente une capacité totale utile, pour 13 millions de moutons congelés soit 260 milions de kilogrammes de viandes nonobstant lès navires affectés au transport des viandes réfrigérées, des fruits du Cap, des beurres et du lait du Danemark et de bien d'autres produits.

Il existe à Londres 30 principaux entrepôts frigorifiques qui pourraient recevoir au total près de 3 millions de moutons congelés soit 60 millions de kilogrammes.

Un seul dépôt à Southampton peut recevoir 2 millions de kilogrammes de viande. Mais il existe également un magasinage des fruits, du beurre, du poisson, du gibier et autres produits.

L'Angleterre reçoit tous les ans 230 000 t de beurre, près de 300 millions d'œufs, beaucoup de lait et de crème provenant du Danemark et plusieurs centaines de milliers de caisses de pommes du Canada et de Tasmanie, 300 000 caisses de fruits du Cap, du gibier et de la volaille congelés de Russie.

Des échanges très importants ont lieu également entre les colonies anglaises et différents pays de très grande consommation comme la Colonie du Cap, les Philippines et différents ports de l'Asie Orientale.

Les importations totales de viandes de bœuf, de mouton et d'agneau d'origines coloniale et étrangère sont évaluées à 436 230 325 f. De cette somme, 123 511 150 f représentent l'importation des colonies, 164 445 375 f celle de la République Argentine et 148 273 800 f celle de divers pays étrangers, principalement des États-Unis. Les exportateurs du Nord de l'Amérique ont aussi envoyé en ce pays pour 247 311 975 f de gros bétail et de moutons sur pied.

On évalue à 17 0/0 la proportion de viande gelée qui entre

Digitized by Google

dans la consommation totale du Royaume-Uni; si l'on y ajoute le bœuf réfrigéré, la proportion s'élève à 26 0/0; en comprenant les importations de gros bétail et de moutons sur pied, on arrive à 37 0/0. Il y a dix ans, les importations de viandes de bœuf, de mouton et d'agneau ne représentaient que 32 0/0 de la consommation.

Par suite de la torpeur générale des affaires en Afrique du Sud, les envois de viande gelée au Cap ont encore considérablement baissé, les exportations d'Australie et de la République Argentine en 1906 n'étant que de 41 944 t en comparaison de 54 971 t en 1905. D'importantes transactions ont été faites par l'Australie avec les ports de la Méditerranée, les Philippines et les différents ports de l'Asie Orientale où ce commerce semble susceptible d'un sérieux développement. La République Argentine continue à faire de petites expéditions à l'Italie et un envoi important d'Australie, débarqué à Gênes en février, fut, de là, dirigé sur les différents marchés de l'Italie du Nord où il donna satisfaction aux consommateurs. Une partie de la viande débarquée à Gênes fut acheminée vers la Suisse pendant la saison des touristes.

Durant les dernières années, on a régulièrement enregistré l'ouverture de nouvelles usines frigorifique, spécialement en Argentine, mais à présent, les établissements de ce dernier pays et de l'Australie sont plus que suffisants pour faire face aux quantités disponibles. On n'a ouvert aucune nouvelle usine en 1906 et rien ne semble indiquer que des modifications importantes sous le rapport de la capacité ou du nombre d'établissements seront faites d'ici peu, sauf toutefois dans un nouveau pays de production, à savoir, la Roumanie où l'on est sur le point de bâtir de petites usines dans le but de donner naissance à un commerce d'exportation avec l'Angleterre.

Le total de ce que les usines frigorifiques du monde ont fourni l'année dernière est estimé approximativement à 443 577 t en comparaison de 411 656 t en 1905 et 342 250 en 1904. Du total de l'année dernière, 384 671 t ont été dirigées sur l'Angleterre et 58 906 t sur d'autres marchés.

On se rendra aisément compte de l'importance du travail maritime ou des opérations de manutentions et de magasinage à terre, par les chiffres suivants :

Digitized by Google

*Importation des viandes congelées en Angleterre. Année 1906.*

| Provenances. | Quantités. | |
|---|---|---|
| Australie . . . . . . . | 13112 | quartiers de bœuf. |
| Nouvelle-Zélande . . . | 121858 | — |
| République Argentine . | 1314703 | — |
| Total. . . . . | 1449673 | quartiers de bœuf. |
| Australie . . . . . . . | 558432 | moutons. |
| Nouvelle-Zélande . . . | 1761459 | — |
| République Argentine . | 2799170 | — |
| Total. . . . . | 5119061 | moutons. |
| Australie . . . . . . . | 1173896 | agneaux. |
| Nouvelle-Zélande . . . | 2386829 | — |
| République Argentine . | 120166 | — |
| Total. . . . . | 3680831 | agneaux. |

*Viande réfrigérée : 454 613 quartiers de bœuf (République Argentine).*

Il y a intérêt à comparer les prix obtenus par la viande indigène et la viande importée pour répondre à l'argument des protectionnistes de tous pays, qui prétendent que cet apport énorme de denrées agricoles ne peut avoir pour résultat que l'avilissement des prix dans le pays où s'effectue cette importation. On verra que cet argument tombe absolument à faux, et que, s'il est vrai que l'ouvrier, au lieu d'avoir à consommer comme en France, des viandes de cheval et des viandes plus ou moins malsaines, peut acheter en Angleterre, grâce à la libre concurrence 1 kg de viande de bonne qualité pour 0,75 à 0,80 f, le consommateur qui tient au choix de la marchandise s'adresse aux fournisseurs du pays qui ayant perfectionné les races de bétail, arrivent à obtenir sur le marché les plus hauts prix.

*Prix comparatifs (Prix moyen de l'année par kilogramme).*

| | |
|---|---|
| Mouton frais d'Écosse. . . . . . . . . . | 1,60 f |
| Agneaux de la Nouvelle-Zélande. . . . . | 1,08 |
| Bœuf réfrigéré des États-Unis . . . . . . | 1,18 |
| Mouton de Nouvelle-Zélande . . . . . . | 0,91 |
| Bœuf réfrigéré de la République Argentine | 0,83 |
| Bœuf congelé de la République Argentine. | 0,72 |
| Mouton congelé de la République Argentine | 0,75 |
| Mouton congelé de l'Australie. . . . . . | 0,72 |

Digitized by Google

*Résumé donnant l'évaluation du poids total des approvisionnements de l'Angleterre en viandes de bœuf, de mouton et d'agneau pour chacune des six dernières années (tonnes anglaises de 1 016 kg).*

| | | 1906 | 1905 | 1904 |
|---|---|---|---|---|
| Tués en Angleterre | Bœufs . . . . . . t | 876 904 | 875 560 | 868 168 |
| | Moutons et agneaux. | 350 560 | 348 936 | 349 272 |
| | Total. . . . t | 1 227 464 | 1 224 496 | 1 217 440 |
| Bétail étranger sur pied | Bœufs . . . . . . t | 202 037 | 203 450 | 197 831 |
| | Moutons et agneaux. | 3 101 | 5 492 | 11 466 |
| | Total. . . . t | 205 138 | 208 942 | 209 297 |
| Fraîchement tués | Bœufs . . . . . . t | 220 | 862 | 1 037 |
| | Moutons et agneaux. | 14 838 | 14 419 | 15 586 |
| | Total. . . . t | 15 058 | 15 281 | 16 623 |
| Réfrigérés | Bœufs . . . . . . t | 178 363 | 161 894 | 154 104 |
| | Moutons et agneaux. | 149 | 352 | 232 |
| | Total. . . . t | 178 512 | 162 246 | 154 336 |
| Congelés | Bœufs . . . . . . t | 131 048 | 119 343 | 88 459 |
| | Moutons et agneaux. | 213 978 | 198 643 | 179 889 |
| | Total. . . . t | 345 026 | 317 986 | 268 348 |
| Total. . . | Bœufs . . . . . . t | 1 388 572 | 1 361 109 | 1 309 599 |
| Total. . . | Moutons et agneaux t | 582 626 | 567 842 | 556 445 |
| | Total général. . . t | 1 971 198 | 1 928 951 | 1 866 044 |

## ÉTATS-UNIS

D'après l'annuaire du Ministre de l'Agriculture des États-Unis plus de 1 000 Sociétés ont pour objet l'exploitation de l'industrie frigorifique dans ce pays.

Le capital qui y est engagé dépasse 1 milliard 500 millions de francs.

Il existe 60 000 wagons frigorifiques pour le transport et l'échange des denrées aux États-Unis, Canada et Mexique ; leur capacité totale serait de plus de 1 million de tonnes. Dans chacune des grandes gares de bifurcation, il existe des entrepôts frigorifiques pour le magasinage de denrées ayant chacun 40 000 à 50 000 m³ de capacité intérieure.



Digitized by Google

Il existe plus de 600 magasins frigorifiques publics, dans lesquels les tarifs d'usage sont extrêmement réduits.

En fait, on peut conserver 1 000 œufs pendant six mois pour 6,50 f, ou bien 100 kg de beurre pendant la même durée et pour le même prix, pendant toute la saison d'hiver.

## Industrie de l'alimentation.

Pour donner une idée de l'industrialisation du commerce des denrées alimentaires résultant de l'emploi des magasins frigorifiques, nous donnons quelques chiffres se rapportant aux usines de la Swift et Cie, à Chicago.

Les usines de la Swift et Cie ont une superficie de 20 hectares en 1900, et occupent 5 000 ouvriers.

On y emploie 25 machines à vapeur et 85 chaudières fournissant 12 000 chx-vapeur.

Le frigorifique peut contenir : 11 000 bœufs;
8 000 porcs;
10 000 moutons;

Il existe 187 km de tuyauterie réfrigérante.

On y emploie 22 machines qui pourraient produire 1 500 t de glace par jour.

On fait usage de 750 000 t de glace naturelle par an; on a tué jusque 35 000 animaux en un jour.

On utilise 3 000 wagons frigorifiques et 1 000 wagons ordinaires.

On a abattu en 1895 : 1 million de bœufs;
1 million de moutons;
1 652 000 porcs;

et les navires Cunard transportent les viandes réfrigérées en Angleterre.

### CANADA

Le Canada exporte actuellement plus de 500 000 colis de beurre dans des cales frigorifiques vers l'Angleterre et plus de 80 000 barils de fruits.

Il existe de très nombreuses et très importantes installations frigorifiques; mais beaucoup d'entre elles font simplement emploi de la glace que l'on récolte en abondance en hiver pour s'assurer la réfrigération temporaire des denrées.

Digitized by Google

Le Gouvernement, pour favoriser l'emploi des machines frigorifiques, subventionne toutes les nouvelles créations d'entrepôts pourvus de machines.

ALLEMAGNE

Il existe en Allemagne plus de 1500 installations frigorifiques utilisées par l'industrie privée et dans 380 abattoirs. Les magasins frigorifiques et les fabriques de glace sont devenus exigés et imposés par le Conseil d'hygiène dans la construction des abattoirs modernes.

SUISSE

Presque tous les abattoirs des villes de Suisse ont des entrepôts frigorifiques. Le plus ancien est celui de Genève datant de près de trente ans.

Nombreuses sont les installations pouvant donner leur concours dans le commerce de l'alimentation et c'est grâce à ses développements que la Suisse peut recevoir tous les ans 17 000 quintaux de poisson frais qu'elle réexpédie ensuite dans tous les centres de consommation de l'Europe centrale y compris la France.

## L'industrie frigorifique en France.

On peut dire que cette situation est déplorable pour nous, alors qu'il devrait en être tout autrement, en raison même de l'importance de notre commerce agricole.

Seule l'industrie de la fabrication de la glace est représentée par quelques applications. Certains de nos ports de pêche, comme Arcachon, la Rochelle, Boulogne, ont des usines avec machines à glace pouvant produire 50 à 75 t par jour; sur toute la côte bretonne, les installations sont très rares. A Brest, en particulier, la glace se vend couramment 60 à 80 f la tonne.

Des ports de pêche importants, comme Fécamp, Dieppe, Lorient sont ravitaillés exclusivement avec de la glace importée de Norvège, qui manque souvent en été ou qui se vend de 25 à 50 f la tonne, ce qui en rend l'usage impossible pour la plupart des petits marins pêcheurs; ils sont donc forcés en été d'abandonner la pêche au large et de se confiner sur les côtes, alors que les marins étrangers viennent exploiter nos fonds de pêche sur les côtes de Bretagne ou de l'Océan pour leur plus grand profit.

Digitized by Google

Il existe, en France. environ 150 fabriques de glace pouvant produire de 140 à 160 000 t de glace annuellement, les plus grosses quantités étant fournies pour les grandes villes : Paris, Marseille, Lyon, Nancy, Reims, Bordeaux.

La plus grande partie des brasseries modernes, au nombre d'une centaine environ en France sont pourvues de machines à glace et, comme les installations de fabrication sont généralement fournies par l'Allemagne, c'est de ce pays que vient également tout le matériel frigorifique.

Grâce au bon exemple donné par les laiteries coopératives de l'ouest, une centaine de laiteries, beurreries industrielles utilisent maintenant le froid artificiel pour la fabrication et la bonne conservation du beurre; mais c'est à peine s'il existe 40 à 50 installations particulières, dans les grandes maisons d'alimentation, pour la conservation des denrées.

Deux villes seulement en France, Dijon et Chambéry, ont des entrepôts frigorifiques municipaux d'abattoirs et, dans la seule ville de Dijon, le vétérinaire municipal, M. Carreau, évaluait à plus de 80 000 f l'économie annuelle résultant, pour les bouchers de la ville, de l'usage du frigorifique municipal, plus par la suppression de la nourriture des animaux immédiatement abattus, que par la mévente ou la perte totale en été.

Un entrepôt important, celui de la Bourse du Commerce à Paris, bien que d'une installation initiale très défectueuse que l'on corrige peu à peu, a commencé la démonstration éclatante des services que l'on peut attendre des magasins frigorifiques dans un grand marché, comme celui des Halles Centrales de Paris. Bien qu'il ait plus de 3 000 $m^3$ de capacité utile, il est tout à fait insuffisant pour un chiffre d'échange aussi formidable que celui qui s'effectue aux Halles Centrales.

Non seulement tous nos abattoirs de France sont installés dans de déplorables conditions d'hygiène, mais ceux de Paris en particulier et notamment celui le plus récemment construit à Vaugirard, sont en dessous de tout ce que l'on peut imaginer. Les étrangers visitant ces installations ne peuvent croire qu'un pays comme le nôtre soit à ce point arriéré dans une industrie qui a été en somme créée par des inventions françaises.

Il faut bien espérer que le Conseil d'hygiène suivra l'exemple donné par l'Allemagne et la Suisse, où aucun projet d'abattoir n'est approuvé ou autorisé, s'il ne comprend des locaux frigorifiques suffisants pour le trafic prévu.

Digitized by Google

Je ne parlerai qu'accessoirement des services que l'on peut attendre des magasins frigoriques pour le ravitaillement de la population et des troupes en cas de guerre ; peut être n'est-il pas téméraire de prévoir qu'ils pourraient aussi rendre de très grands service en cas de grève des ouvriers professionnels ou des services de transports.

La loi récente sur le repos hebdomadaire n'aura qu'une seule conséquence heureuse, qui fort heureusement n'avait pas été prévue par nos législateurs, car sans cela il est à prévoir que leur action se serait exercée en sens contraire du progrès désirable.

Le chômage imposé aux expéditeurs de province, se superposant à celui des commerçants et intermédiaires de l'alimentation, forcera les producteurs et commerçants à avoir des magasins frigorifiques, pour conserver pendant un ou deux jours les denrées non vendues ou celles qui expédiées arriveraient aux marchés le jour de chômage.

Les transports frigorifiques ne sont pas non plus développés en France comme ils devraient l'être; seule, une Compagnie de navigation a compris tout l'intérêt qui s'y attachait : la Compagnie des Chargeurs Réunies a actuellement 18 navires pourvus d'installations frigorifiques; elle fait, grâce à cela, un trafic très important entre Buenos-Ayres et Londres, et de Buenos-Ayres au Cap de Bonne-Espérance.

Des wagons frigorifiques commencent à être employés. J'ai pris moi-même l'initiative de la fondation d'une Société qui met à la disposition du public des wagons frigorifiques pour le transport des denrées, particulièrement pour les fruits et primeurs du Midi.

La Société des Magasins et Transports frigorifiques de France, dont le siège social est à Lyon, dispose actuellement de 60 wagons et développe son matériel.

Une autre Société, dont le siège est rue des Halles, à Paris, dispose aussi d'environ 20 wagons servant au transport du poisson et des beurres de la Bretagne et de la Normandie.

La Compagnie des Chemins de fer de l'État a innové depuis deux ans un service de wagons frigorifiques sur la ligne de Bordeaux-Paris pour les viandes, les beurres et autres produits de laiteries.

Nous croyons que le véritable progrès, le plus désirable, consisterait à imiter ce qu'ont fait les Américains, c'est-à-dire à

Digitized by Google

établir des entrepôts frigorifiques importants dans les stations centres d'expédition des pays producteurs comme Cavaillon pour les fruits, Thouars pour la région charentaise. De même, les gares des grandes villes et centres de consommation devraient avoir des magasins de ce genre pour la réception provisoire et la réexpédition des denrées. N'est-il pas anormal de voir toute la banlieue de Paris approvisionnée par des denrées qui ont dû passer au marché des Halles Centrales, payer ainsi l'octroi (qui n'est pas remboursé) et tous frais énormes de camionnage, droits d'entrée, commission, courtages, en telle manière que le prix payé pour une marchandise au producteur atteint à peine le quart ou le cinquième de celui qui est demandé aux consommateurs?

Je n'insisterai pas sur ce point : il suffit, pour en deviner l'importance, de se rappeler que les échanges alimentaires en France tant pour notre consommation que pour l'exportation, atteignent plus de 2 milliards de francs.

Nous ne croyons pas qu'il soit digne d'un pays où les capitaux sont abondants de laisser tout le bénéfice, que de pareilles initiatives peuvent procurer, aux commerçants étrangers, qui non seulement prennent notre place sur les marchés de consommation à l'étranger, mais arrivent même à ravitailler nos marchés en hiver avec les produits de notre sol conservés dans leurs magasins frigorifiques.

C'est ainsi que du beurre, des œufs, de la volaille et du gibier, des fruits en très grande quantité, sont réexpédiés en France, en hiver, avec un bénéfice que l'on supposera devoir être important, puisque l'écart sur le prix de vente est suffisant pour permettre de payer les doubles frais de transport et les droits de douane à la réintroduction en France.

On peut dire sans exagération que notre inertie à cet égard devient un véritable péril national.

La situation pénible de nos marins pêcheurs est connue de tous, elle pourrait être améliorée par le large emploi de la glace et surtout des installations frigorifiques à bord des chalutiers, des navires terreneuviers, ainsi que dans les marché des ports ou des centres de consommation.

De même la possibilité d'expédition par wagons frigorifiques, en toutes saisons, nous permettrait d'atteindre des marchés importants de la Suisse et de l'Europe centrale, où l'on pourrait extraordinairement développer la consommation.

Digitized by Google

En 1891, nous envoyions en Angleterre pour 76 millions de francs de beurre; ce chiffre atteint maintenant à peine 40 millions de francs; notre place a été prise par la Finlande la Suède et le Danemark qui, seul, envoie en Angleterre pour 200 millions de francs de beurre, plus de 30 millions de francs d'œufs et 50 millions de francs de charcuterie et salaisons, sans compter le lait et la crème.

Or la population totale du Danemark atteint à peine celle de Paris.

C'est grâce à l'emploi judicieux des magasins et des navires frigorifiques que ce commerce a pu s'établir régulièrement. Cet exemple est assez probant pour qu'il ne soit pas besoin d'insister.

Je rappellerai que la qualité de nos produits de tous genres est incontestablement supérieure, et le prix du beurre, des œufs ou de la volaille de France sur le marché de Londres pendant l'hiver ou au printemps est toujours supérieur à celui de tous les autres produits similaires, pour retomber en été dans le calme nouveau; c'est bien là la preuve que, seule, la conservation de la marchandise est la cause de notre diminution de clientèle qui, n'étant jamais certaine de recevoir de nos produits en bonnes conditions, préfère la régularité d'envoi des produits, de qualité même inférieure, proposés par nos concurrents.

Au lieu de demander à nos Compagnies de Chemins de fer des tarifs plus réduits, des vitesses extraordinairement coûteuses pour le transport des denrées et une précision dans la livraison, qui ne peut être mathématiquement absolue dans un service aussi colossal, ne vaudrait-il pas mieux s'efforcer de développer l'outillage nécessaire à la bonne conservation des produits périssables.

Dans tous les pays étrangers on encourage, par des subventions et par tous les moyens, le développement de l'industrie frigorifique.

Aussi bien en Angleterre qu'aux États-Unis, les Administrations font des essais très sérieux sur les résultats obtenus et les communiquent immédiatement aux intéressés. Le bulletin de l'Agriculture des États-Unis est en particulier merveilleusement documenté à cet égard.

En France, on ignore volontairement ou à peu près la question. Cependant il arrive que, de loin en loin, un rapport de chargé

Digitized by Google

de mission est fourni au Ministère de l'Agriculture pour n'être lu et communiqué à personne, heureux encore quand le missionnaire scientifique ne décrit pas, par exemple, les installations des États-Unis qu'il n'a jamais visitées, se contentant des articles réclamistes des journaux, qu'il recopie paisiblement.

Je ne voudrais cependant pas tomber dans l'erreur commune et reporter sur l'Administration le soin unique de créer en France une industrie, ce serait prêcher dans le désert que d'y compter ou de le demander.

Il vaut mieux rechercher et indiquer quelles sont les causes véritables pour lesquelles notre pays est dans l'état d'infériorité que nous venons de signaler.

Les constructeurs d'appareils industriels frigorifiques en France, portent le poids d'une erreur commise par eux au début et pendant de longues années pour n'avoir pas voulu imiter non sans raison plausible, je dois l'avouer, les protagonistes de cette industrie en France. Lorsque M. Tellier et la Maison Rouart ont voulu développer la vente et l'exploitation des machines frigorifiques, ils ont eu soin de prêcher d'exemple en étudiant et en démontrant à grands frais les applications possibles à toutes les industries.

De ces essais coûteux, des échecs financiers qui en ont été la conséquence, est résultée la conviction malheureuse pour la construction, qu'il fallait se borner à vendre des machines, en indiquant leur rendement ou leur puissance, bien entendu, mais sans se préoccuper et surtout sans prendre aucune responsabilité dans l'application qui pourrait en être faite.

Cette prudence s'expliquait assez ; mais malheureusement elle a été excessive ; les clients confiants, ayant eu foi dans leur propre force, se sont rebutés, ont jeté le discrédit sur le frigorifique et maintenant c'est une opinion courante contre laquelle il est très difficile de lutter.

Pendant ce temps les pays étrangers s'organisaient, et leurs constructeurs ayant eu plus de ténacité et de patience étaient en mesure de garantir des résultats effectifs pour la conservation des denrées, d'où ce développement inouï auquel nous n'avons pris part que de très loin et avec beaucoup de retard dans l'emploi des magasins et des navires frigorifiques.

Cependant, nous aurions dû penser que ce n'est pas sans risque pour soi-même et pour les autres que l'on peut livrer ce matériel un peu compliqué, même à des industriels pleins de

Digitized by Google

savoir et de bonne volonté. Qu'il me suffise de citer l'exemple de l'automobilisme et des douloureux souvenirs de ses débuts. Mais grâce au concours et à la collaboration journalière des constructeurs et des clients, l'emploi de ces engins est devenu suffisamment familier pour que la vente maintenant soit courante et facile, les compétences suffisantes pour le bon emploi de l'outil se trouvant en nombre suffisant.

Où se trouvent et dans quel ouvrage trouvera-t-on les règles suffisamment détaillées permettant la conduite journalière d'un entrepôt frigorifique affecté à la conservation des denrées?

Nulle part, je crois, sauf dans quelques ouvrages étrangers, ou dans le récent ouvrage de M. Marchis ; mais là encore, à part les indications sommaires sur la température et le degré hygrométrique, les détails d'application, de la manutention, de réception, de magasinage ou de sortie des denrées, sont à peine indiqués.]

Or, d'autre part, les professionnels de la partie font défaut en France, par suite du nombre infime des magasins frigorifiques.

C'est donc vers l'éducation du personnel technique des entrepôts frigorifiques, qu'il faut diriger l'effort actuel, si on veut en France reconquérir le terrain perdu.

Un chef de dépôt frigorifique doit être assez expert dans le commerce des denrées alimentaires pour pouvoir en quelque sorte et à première vue reconstituer l'historique de l'existence de la marchandise et lui appliquer le traitement convenable. J'entends par là apprécier son degré de fraîcheur, la plus ou moins grande intensité des fermentations qui ont pu s'y développer et à quelle dessiccation il faut la soumettre.

Il faut à ce chef de dépôt de la fermeté morale, une indépendance matérielle absolue vis-à-vis des clients, locataires de chambres, ceux-ci ayant une tendance trop naturelle à vouloir obtenir du magasin frigorifique ce qu'il est impossible d'en attendre, c'est-à-dire la remise à l'état frais des denrées avariées, sinon complètement gâtées. Il faut que le chef de dépôt puisse imposer ses volontés, faire toute réserve, le cas échéant, ou même, dans l'intérêt de l'ensemble des marchandises qui lui sont confiées, refuser absolument de recevoir toutes denrées trop avancées.

Dans un dépôt un peu important, on a vite fait d'avoir pour cinq cent mille francs de marchandises; or, tout ce stock peut

Digitized by Google

être corrompu, ou tout au moins une partie peut être atteinte, par une introduction de marchandises avariées.

A vrai dire, il existe une assurance permettant de couvrir le risque contre la perte des marchandises par suite d'arrêt des machines frigorifiques ou une cause quelconque comportant l'arrêt des moyens de production du froid. Cette assurance ne doit constituer qu'une sécurité morale et un moyen pour les propriétaires d'entrepôts frigorifiques de n'accorder à leurs clients aucune autre garantie que celle de la température régulière dans les chambres frigorifiques autant que faire se pourra, hors les cas de force majeure ou cas imprévus qui peuvent s'y rapporter.

Au moins au début des grandes exploitations frigorifiques, il faut faire usage de cette assurance. Mais, à cet égard, mon opinion est bien établie, il faut toujours en parler au client, mais n'y jamais compter : la meilleure des assurances a pour objectif de percevoir des primes et de fuir promptement dans le maquis de la procédure, savamment préparée et embrouillée dès qu'il faut payer un risque important.

En résumé, la meilleure assurance contre tout risque c'est d'avoir un bon chef de dépôt frigorifique, ayant autorité morale et matérielle sur le mécanicien et sur la clientèle et pour cela il faut qu'il soit largement rémunéré et intéressé même aux bénéfices de l'exploitation.

Il n'est pas douteux que cette organisation ne puisse se réaliser à bref délai, si une diffusion suffisante est faite des voies et moyens pratiques utilisés journellement pour la bonne conservation des denrées. Il faudrait, pour cela, que les constructeurs compétents, et il n'en manque pas en France, veuillent bien se réunir pour publier tous les résultats connus et bien définitivement acquis, car ce n'est pas en publiant des collections d'articles des journaux ou des découpures de l'*Argus de la Presse* que l'on pourra fournir aux intéressés une documentation suffisante.

Pour terminer ce chapitre, je me contenterai de donner les chiffres du commerce des denrées alimentaires de l'Algérie, notre plus belle colonie. Il n'existe actuellement encore aucun moyen frigorifique pour y faire face. Il suffira de se rappeler ce que l'on pourrait obtenir avec un outillage comparable à celui du Danemark, pour voir quel merveilleux développement on pourrait assurer à cette colonie et au Midi de la France, pour ne

Digitized by Google

parler que de ces deux régions, bien que toutes nos autres colonies soient logées à la même enseigne.

ALGÉRIE 1905

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Poisson frais . . . . . | 5 588 | quintaux, | valant | 838 000 f |
| Citrons, oranges . . . | 39 020 | — | — | 780 000 f |
| Mandarines . . . . . | 29 938 | — | — | 480 000 f |
| Raisins . . . . . . . | 61 046 | — | — | 1 220 000 f |
| Marcs et moûts. . . . | 98 258 | — | — | 1 572 000 f |
| Légumes frais . . . . | 104 809 | — | — | 2 201 000 f |
| Porcs . . . . . . . . . | 3 693 | têtes, | — | 314 000 f |
| Bœufs. . . . . . . . . | 18 358 | têtes, | — | 3 304 000 f |
| Moutons. . . . . . . . | 925 273 | têtes, | — | 22 669 000 f |
| Beurre importé. . . . | 6 691 | quintaux, | — | 1 860 000 f |
| Fromages importés. . | 28 100 | — | — | 4 719 000 f |
| Fruits de table frais. . | 33 624 | — | — | 645 000 f |

## Cryoscopie.

Par la cryoscopie on se propose l'étude des corps dissous, fondée sur l'observation de la température de congélation de leur dissolution; d'une manière générale le point de congélation ou de solidification d'un liquide est abaissé quand on dissout dans ce liquide une substance quelconque et, dès 1788, un savant anglais, Blagden, avait démontré que l'abaissement du point de congélation était, dans beaucoup de cas, proportionnel à la quantité de sels dissous.

Cette étude a pris une véritable importance quand elle a été étendue à la recherche du point de congélation des solutions ou substances organiques dans l'eau et aussi dans d'autres dissolvants solidifiables comme l'eau.

Si je consacre une partie de ma communication à cette application dans le laboratoire des appareils de production du froid, c'est pour montrer quelles conséquences industrielles et commerciales il est possible d'en tirer. Ce sera une preuve de plus du développement journalier de l'immense champ d'action réservé à l'étude du froid artificiel.

Ainsi que je l'ai dit, la liquéfaction des gaz a été féconde en résultats scientifiques en amenant une révolution véritable de nos conceptions sur l'état de la matière.

Digitized by Google

Nous allons voir que, dans le domaine de la cryoscopie, des lois physiques générales de la plus haute importance ont pu être établies et qu'il en résultera certainement des applications très nombreuses; mais j'ai surtout tenu à rappeler les nouveaux principes théoriques mis en lumière, parce qu'ils serviront de base à mon essai sur le régime intérieur des chambres frigorifiques.

La cryoscopie est une science nouvelle due entièrement aux belles recherches de M. Raoult, le regretté doyen de la Faculté des Sciences de Grenoble.

Nos lecteurs connaissent certainement la belle théorie de M. Van't Hoff sur l'analogie des gaz et des solutions si intéressante à tous les points de vue.

Les données de M. Van't Hoff l'ont conduit à une formule permettant de calculer la valeur de la constante cryoscopique d'un dissolvant déterminé.

La théorie de la solidification se rattache entièrement à l'hypothèse de la dissociation électrolytique. Cette hypothèse surprend un peu notre esprit à première vue, mais il s'agit bien d'une réalité scientifique qui a eu sur le développement de la chimie une influence considérable.

En observant la température de congélation des mélanges liquides, on constate que la température à laquelle la congélation d'une dissolution commence est inférieure à la température de congélation du dissolvant pur.

Il y a là un fait d'observation d'ordre absolument général bien vérifié expérimentalement et que M. Raoult a défini de la façon suivante :

*Tout corps solide, liquide ou gazeux, en se dissolvant dans un composé défini, liquide, capable de se solidifier, en abaisse le point de solidification.*

On a cependant découvert quelques exceptions à cette loi, mais qui ne se rapportent qu'aux cas exceptionnels où la partie qui se solidifie renferme, à l'état de mélange intime ou, pour employer l'expression de M. Van't Hoff, à l'état de *dissolution solide*, une plus grande quantité de substance dissoute que la partie qui reste liquide.

Pour ces sortes de solutions en effet (et pour elles seulement) le point de congélation est plus élevé que celui du dissolvant pur.

La solidification ou congélation de substances définies liquides est, comme on le sait, soumise à une loi bien connue :

Digitized by Google

*La solidification a lieu à une température fixe pour chaque substance pendant toute la durée du phénomène de solidification.* Cette loi ne s'applique qu'aux corps simples, mais pour des corps liquides impurs c'est-à-dire pour des dissolutions, les lois de la solidification sont changées.

Dans de tels mélanges, en effet, la partie qui se solidifie la première est (sauf de rares exceptions) constituée par le dissolvant pur. Il en résulte que la partie qui reste liquide devient plus concentrée et que, par conséquent, son point de congélation s'abaisse à mesure que la solidification fait des progrès.

Cet effet ne s'arrête qu'au moment de la saturation et si la surfusion et la sursaturation sont évitées, il se dépose en même temps de la glace et de la substance en proportion telle que la concentration ne change pas et la température reste constante.

Quand on place un tel mélange dans une enceinte dont la température est supérieure à celle du dissolvant pur les mêmes phénomène se reproduisent en sens inverse.

De là découlent deux règles précises énoncées pour la première fois par M. Raoult et qui sont ainsi :

*1° Entre deux échantillons d'un même corps, le plus pur est celui dont la solidification commence à la température la plus élevée* ;

*2° Si un corps liquide est impur, sa température baisse depuis le commencement de la solidification jusqu'à ce que la partie restée liquide soit saturée.*

La glace qui se forme dans l'eau pure est ordinairement transparente et compacte ; celle qui se forme dans les dissolutions est feuilletée et composée de fines paillettes accolées entre lesquelles une partie de liquide non encore congelée est retenue par capillarité.

Si on expulse mécaniquement le liquide ainsi retenu, on trouve que la partie solidifiée est constituée par de l'eau sensiblement pure et d'autant plus pure que l'expulsion a été faite avec plus de soins.

En résumé, dans la grande majorité des cas, les cristaux de glace qui se forment dans une dissolution qui se solidifie sont constitués par le dissolvant pur; mais il arrive cependant, et surtout lorsque le corps dissous et le dissolvant sont isomorphes, que la partie qui se solidifie renferme une certaine quantité du corps dissous à l'état de dissolution solide.

Nous verrons quel est l'intérêt de ces constatations lors de l'examen de la congélation et de la décongélation des liquides

Digitized by Google

contenu dans les substances organiques d'origine animale ou végétale.

En ce qui concerne les dissolutions salines à faible densité, comme le sont tous les liquides organiques, on peut leur appliquer la loi générale de Raoult :

*Dans un même dissolvant, les abaissements moléculaires sont les mêmes pour toutes les substances organiques et, en général pour toutes les substances qui ne subissent ni condensation ni décomposition.*

Le même expérimentateur a démontré enfin, de la façon la plus précise, que les molécules de différentes matières organiques dissoutes dans la même quantité d'eau amènent simplement le même retard dans son point de congélation.

Pour une molécule dissoute dans 100 g d'eau, ce retard est 18,5.

Toutes les expériences de laboratoire faites avec des solutions aqueuses de sucres, d'alcols, permettent la vérification de cette loi d'une manière très satisfaisante pour les non-électrolytes, mais sans cependant s'appliquer avec une exactitude trop grande aux dissolutions des acides organiques, qui, comme on le sait, conduisent assez bien l'électricité.

Le caractère général de ces phénomènes permet, comme on le devine dès maintenant, d'envisager la question de congélation des denrées d'une manière très large, sans avoir à tenir compte de la composition précise de la denrée.

Pour terminer et pour compléter ce cours d'exposé théorique, rappelons enfin les deux lois si importantes que M. Raoult a également découvertes et démontrées au cours de ses recherches sur la Tonométrie :

*Pour les dissolutions étendues de même nature et à la température de congélation, l'abaissement C du point de congélation et l'élévation du point d'ébullition Δ sont en raison inverse des chaleurs latentes L1 et L2 et correspondent à ces deux changements d'état.*

*Pour séparer d'une dissolution donnée, prise à la température de congélation une même fraction de dissolvant soit par la congélation, soit par la vaporisation, il faut dépenser la même quantité de chaleur et, par conséquent, la même quantité de travail mécanique.*

### Applications scientifiques des lois précédentes.

Outre les nombreuses conséquences qui ont été déduites de ces lois, on devine immédiatement quel secours précieux elles

Digitized by Google

ont pu apporter aux moyens rapides d'analyse et de contrôle de la pureté d'un grand nombre de substances.

La plus remarquable peut-être de ces applications de laboratoire, c'est la cryoscopie du lait qui est maintenant partout employée comme moyen rapide de contrôle de la qualité de cette marchandise.

Dès 1895, M. Winter, Chef des travaux chimiques de la Faculté de Médecine de Paris, remarqua que le lait, comme le sérum sanguin, avait une température de congélation absolument constante à moins de deux centièmes près et qui est fixée par tous les expérimentateurs à — 0,555 degré.

On oublia l'importance pratique de ses recherches, jusqu'à ce que, en 1903, M. Parmentier ramenât l'attention de ce côté.

De nouveaux calculs et de très nombreuses expériences ont montré que du lait pur, quelle qu'en soit l'origine et quelles que soient les diverses influences normales qui peuvent s'exercer, a un point cryoscopique $\Delta$, ne pouvant osciller comme points extrêmes qu'entre — 0,54 et — 0,57 degré.

La fermentation lactique peut abaisser cette température de congélation jusqu'à $\Delta = -$ 0,58 et — 0,60 degré, qui est atteint lorsque le lait se coagule à l'ébullition. C'est surtout pour le lait mouillé que la cryoscopie est essentielle; c'est ici que s'applique pleinement la loi de Raoult, et la solution lactique diluée à un point de congélation de plus en plus voisin de 0 degré qui est celui de l'eau distillée.

Le simple examen du degré cryoscopique permet de déterminer exactement le pourcentage d'eau frauduleusement ajoutée au lait.

| Mouillage 0/0. | Δ trouvé. | Mouillage 0/0. | Δ trouvé. |
|---|---|---|---|
| 3,63 | 0,53 | 20,00 | 0,44 |
| 9,09 | 0,50 | 25,45 | 0,41 |
| 14,54 | 0,47 | 30,90 | 0,38 |
| 18,18 | 0,45 | 34,54 | 0,36 |

Le mouillage peut donc être pratiquement décelé avec certitude car la fermentation, qui pourrait compenser en sens inverse la variation du degré cryoscopique, est immédiatement apparente et enlève au lait toute valeur marchande, puisqu'il est coagulable par la chaleur.

La cryoscopie ne suffit pas évidemment à un examen complet

Digitized by Google

du lait, puisque par ce moyen l'écrémage n'est pas constatable, les matières grasses sont en suspension dans le lait et ne sont pas dissoutes et, par conséquent, n'ont aucune influence sur un point de congélation. Néanmoins la première indication est très précieuse pour une analyse sommaire permettant ensuite la recherche de la fraude par une analyse complète.

A vrai dire, les mouilleurs pourraient échapper à la recherche cryoscopique en employant, pour mouiller le lait, des solutions isotoniques de sels ou de sucre, mais elles seraient bien vite reconnues par la saveur du lait s'il s'agit de sucre ou de chlorure de sodium ou même de bicarbonate de soude, dont l'introduction dans le liquide serait des plus délicates et exigerait une véritable manipulation de laboratoire, ne pouvant être aisément pratiquée par la masse des petits mouilleurs.

D'ailleurs, et même dans ce cas, on aurait encore la ressource de mesurer la résistance électrique du mélange qui n'est pas la même pour du lait pur et du lait mélangé avec des solutions salines.

Il serait donc intéressant et utile de compléter tous les cahiers des charges de fourniture de lait aux hôpitaux en y ajoutant la clause suivante :

*Le point de congélation du lait ne pourra être inférieur à 0,55, ni supérieur à 0,56 degré.*

Des travaux plus récents doublent l'intérêt de cette nouvelle méthode de recherche.

Il vient d'être démontré que l'état de santé du galactifère influe sur le point cryoscopique du lait qu'il fournit.

Voici un certain nombre de résultats nettement contrôlés :

| | |
|---|---|
| Lait de femme atteinte d'ictère . . . | $\Delta = -0{,}58$ |
| Lait de femme albuminurique. . . . | $\Delta = -0{,}59$ |
| Lait de femme syphilitique . . . . . | $\Delta = -0{,}61$ |
| Lait de femme tuberculeuse. . . . . | $\Delta = -0{,}60$ |
| Lait de vache ayant réagi à la tuberculine . . . . . . . . . . . . . . | $\Delta = -0{,}60$ |
| Lait de vache atteinte de mammite tuberculeuse . . . . . . . . . . . | $\Delta = -0{,}59$ |
| Lait de vache à tuberculose ayant réagi à la tuberculine . . . . . . | $\Delta = -0{,}60$ |
| Lait de chèvre atteinte de mammite . | $\Delta = -0{,}58$ |

Au point de vue de l'hygiène publique c'est un résultat ines-

Digitized by Google

péré que de pouvoir ainsi contrôler dans les villes l'origine des laits de toutes provenances au point de vue du danger qu'ils peuvent présenter pour la propagation des maladies microbiennes.

D'après les meilleurs auteurs, la propagation de la tuberculose paraît due principalement à la consommation de lait provenant de vaches malades, ce qu'aucune analyse chimique ne permettrait de constater, une simple application du froid artificiel permettra au moins d'avoir une indication qui facilitera la recherche et le contrôle chez les producteurs.

### Applications industrielles de la cryoscopie.

La possibilité d'extraire de l'eau pure sous forme de glace dans les mélanges les plus complexes est susceptible d'avoir d'immenses conséquences pour plusieurs commerces de substances alimentaires telles que le vin et le lait.

Les communications faites sur les procédés Rouart, en 1867, précisent notamment ce que l'on en peut attendre dans l'industrie vinicole (Bulletin de la Société, août 1867).

L'appareil Rouart est un dispositif au moyen duquel on peut congeler rapidement l'eau contenue dans le vin à la surface d'un appareil rotatif dans lequel circule le fluide refroidisseur. En raison même du mouvement de rotation de la surface sur laquelle se forme la glace, celle-ci est en quelque sorte automatiquement centrifugée pendant toute la durée de sa production. Dès lors elle ne retient plus dans sa masse aucune partie du liquide résiduaire et se trouve constamment épurée. Si on enlève cette glace, on trouve qu'elle est composée d'eau parfaitement pure ; dans le cas particulier du vin, elle ne contient ni alcool ni matière colorante.

Comme on le voit, c'est une véritable *dissociation physique* qui s'opère ainsi, car, en somme, les mélanges d'eau et d'alcool, aussi bien que les mélanges d'eau et de matières salines, sont des mélanges intimes qu'aucun procédé mécanique ne permettrait de séparer facilement.

Quel est l'intérêt de cette opération pour le vin ? Il est énorme comme on va le voir :

La récolte de vin de 1906 se composait de :

41 millions d'hectolitres titrant moins de 11 degrés d'alcool;

6 millions d'hectolitres titrant 11 degrés environ;

3 millions d'hectolitres titrant plus de 11 degrés d'alcool.

On ne peut évidemment se baser sur le degré alcoolique d'un vin pour en apprécier la valeur, mais, à de rares exceptions près, les vins titrant moins de 11 degrés doivent être consommés dans l'été qui suit la récolte. Ils sont sujets à toutes sortes d'altérations, ce ne sont pas des vins de conserve ni de garde, il faut les vendre à n'importe quel prix.

C'est cette énorme quantité de vins, qui ne peuvent être ni gardés ni exportés, qui, sur le marché, causent la mévente générale non seulement de ces vins médiocres, mais aussi des vins de bonne qualité.

On emploie le sucrage de la vendange pour remonter le pour cent d'alcool, mais il ne faut pas se dissimuler que cette opération constitue une véritable fabrication artificielle d'alcool, donc une falsification du vin qui devrait être dans le sens le plus rigoureux du mot le simple produit de la fermentation du pur jus de raisin frais, sans aucune addition ni au moment de la fermentation, ni ultérieurement même sous le prétexte d'empêcher ou de traiter des maladies qui peuvent s'y développer.

Du vin à 8 degrés d'alcool est aujourd'hui pour ainsi dire sans valeur, mais si on lui enlève 40 l d'eau par hectolitre, sous forme de glace par congélation (comme le font d'ailleurs de toute antiquité les vignerons de Bourgogne en utilisant le froid naturel des nuits d'hiver), on aura du vin concentré en quelque sorte, titrant 13 degrés d'alcool, pouvant se conserver ou s'expédier en toute sécurité dans tous les marchés de consommation.

Un simple calcul démontre que l'opération ne coûterait pas plus de 1,50 f par hectolitre de vin initial, soit environ 2,50 f par hectolitre de vin résiduaire concentré.

Or le vin à 13 degrés d'alcool peut être vendu couramment de 18 à 20 f l'hectolitre.

Cette méthode, encore peu connue, mérite d'être largement employée malgré les difficultés que la régie ne manquera pas de soulever. Elle constituerait probablement un des meilleurs remèdes à apporter à la crise qui sévit depuis quelques années sur la production viticole.

La même opération peut être tentée avec succès pour le lait, afin d'en rendre le transport plus facile depuis le pays de production jusque dans la ville même, pour arriver à une concentration plus complète, encore faite en vue de l'exportation de ce produit dans les colonies et pays étrangers.

Il en est de même et avec plus d'intérêt alors en ce qui con-

Digitized by Google

cerne le petit lait : résidu de l'écrémage centrifuge il n'a qu'une valeur nutritive assez faible, il est très altérable en été et ne peut supporter en raison de sa faible valeur que des transports à courte distance.

Bien souvent il est perdu, bien qu'il constitue une ressource précieuse pour l'élevage des jeunes animaux. Il est évident que la concentration par congélation partielle permettrait de transporter cette denrée sous volume réduit avec moins de frais, en même temps que la réfrigération en permettrait la conservation pendant le transport subséquent.

D'autres industries ont utilisé des procédés analogues, la démargarination des huiles, la séparation de certaines essences, la fabrication des sels de soude et de potasse. Me conformant à mon programme, je dois me limiter aux choses nouvelles ; les autres sont amplement connues par les ouvrages spéciaux de l'industrie frigorifique.

## Essai sur la théorie du régime intérieur des chambres frigorifiques.

Dans la classification que j'ai donnée, j'ai défini les chambres frigorifiques destinées à la conservation des produits, comme étant des locaux fermés où l'on se propose de maintenir une température et un degré hygrométrique déterminés.

Donc une chambre frigorifique est un espace clos bien garanti contre le réchauffement extérieur, ce qui implique sur toutes les parois la présence de matériaux isolants non conducteurs de là chaleur.

La préférence est acquise maintenant au liège pour le revêtement des parois, soit sous forme de briques de liège aggloméré ou de cloisons en bois remplies de poudre de liège convenablement tassée.

Les moyens de produire et de maintenir la température et le degré hygrométrique consistent tous dans l'emploi d'un fluide refroidi avec circulation naturelle de l'air ou bien avec l'aide de la ventilation mécanique.

Les surfaces de réchauffement sont constituées par les parois extérieures.

D'autres causes interviennent, ce sont principalement les suivantes : l'entrée des marchandises, le renouvellement de l'air

Digitized by Google

de ventilation, la chaleur dégagée par les ouvriers employés aux manutentions, par les appareils d'éclairage et enfin par les appareils mécaniques (dynamos) des ventilateurs et monte-charges.

Pour un entrepôt de cent tonnes de viande on aura pour ces différentes causes à pourvoir au réchauffement approximatif que voici :

| | |
|---|---|
| Parois. . . . . . . . . . . | 900 000 calories. |
| Marchandises. . . . . . . | 800 000 |
| Air . . . . . . . . . . . . . | 400 000 |
| Soit environ. . . . . | 2 100 000 calories. |

à absorber par jour, ce qui exigera une machine produisant au moins 250 000 calories par heure de marche et huit beures de plein fonctionnement par jour.

Cette première indication de la puissance utile de l'appareil producteur de froid résulte d'un calcul très simple à établir et pour lequel on peut se servir de tous les coefficients bien connus relatifs aux calculs de chauffage.

Signalons cependant que dans beaucoup de cas il nous est arrivé de constater que le calcul avait été fait comme les calculs de chauffage sans tenir compte de l'énorme quantité de chaleur à absorber dans l'air de ventilation pour la liquéfaction de la vapeur d'eau.

Une fois la puissance de la machine frigorifique déterminée, on indiquera qu'il suffit de maintenir dans les chambres frigorifiques une température et un degré hygrométrique à peu près continus tout en assurant un renouvellement suffisant de l'air par la ventilation.

Non seulement ces trois indications sont empiriques et insuffisantes, mais je me propose encore de démontrer comment dans la majeure partie des cas elles ne sont d'aucune utilité, elles ne répondent pas à la pratique véritable et peuvent conduire à des erreurs graves.

Reprenons l'examen du régime intérieur des entrepôts frigorifiques.

En premier lieu, qu'est-ce que la température d'un entrepôt frigorifique ?

Est-ce celle que l'on constate sur les parois de chaque chambre en haut ou en bas ? Ou bien celle de l'air qui circule naturellement ou par ventilation mécanique, et en quels points de masse

Digitized by Google

d'air en mouvement ? Ou bien est-ce celle des marchandises conservées dans le dépôt?

Dans ce dernier cas il y a encore lieu de distinguer, pendant au moins deux ou trois jours après l'entrée au magasin, la température superficielle de la denrée de celle qui règne constamment dans la chambre.

En somme et par ces simples questions nous voyons qu'il y a cinq ou six températures pouvant différer entre elles de 1 et jusqu'à 5 degrés, ce qui prouve bien que l'explication sommaire d'une température fixe à réaliser pour la bonne conservation des denrées, ne saurait en rien renseigner l'intéressé.

Il en est exactement de même pour le degré hygrométrique. Celui-ci peut facilement varier dans une masse d'air en mouvement; ce n'est pas sans stupéfaction que nous avons vu récemment dans un cahier des charges d'une entreprise frigorifique pour la Ville de Paris, imposer un degré hygrométrique à 1 0/0 près, alors que la question se pose de savoir quel est l'appareil industriel enregistreur ou même indicateur qui permettrait d'apprécier ce degré hygrométrique avec une telle exactitude.

Il n'y a donc pas de degré hygrométrique bien précis pour une chambre frigorifique, il y a un degré moyen dont on peut se rapprocher mais c'est tout. Nous avons dit plus haut que la *température* d'une chambre était une chose assez imprécise : il faut donc fixer les idées.

Il y a en effet pratiquement une température régulière de conservation de la denrée, et l'on entend par là la température de régime pour des marchandises depuis longtemps emmagasinées.

Pratiquement il existe trois températures qui doivent ou peuvent être successivement appliquées à la même denrée.

Ces trois températures sont :

1° Température minimum requise pour la conservation;

2° Température optimum pratiquement reconnue bonne ;

3° Température basse pour activer la pénétration du froid mais sans arriver à la congélation ou à une trop grande dessiccation.

En résumé et pour chaque denrée l'aérorégime a trois variantes qui se rapportent :

1° A l'entrée de la marchandise ;

2° Au long magasinage en stabulation ;

3° A la préparation de la sortie des marchandises.

L'idéal serait d'avoir trois sortes de chambres se rapportant à

Digitized by Google

ces trois stades de la marchandise, il le faudra dans certains cas et c'est pourquoi on fait toujours dans les entrepôts un couloir ou sas d'entrée qui peut servir de magasin provisoire. Il faut éviter de sortir brusquement des marchandises refroidies à l'air extérieur, si l'on veut éviter l'influence néfaste du dépôt de buée provenant de la vapeur d'eau de l'air et le développement des microorganismes qui en serait la conséquence.

C'est pour cette dernière cause que l'on accuse quelquefois les denrées entreposées en frigorifiques d'une décomposition plus rapide que les denrées fraîches, alors que l'inverse se produit en réalité si l'opération est convenablement dirigée.

L'expérience a cependant prouvé qu'il y avait utilité à maintenir à très peu de chose près la température optimum reconnue la meilleure pour la conservation, toute variation du régime est nuisible.

Nous aurons à dire comment on produira cette température, mais de cette première constatation nous devons retenir immédiatement qu'il est nécessaire d'avoir des accumulateurs de froid sous une forme quelconque, car il est illogique d'établir des entrepôts frigorifiques avec des machines devant fonctionner d'une manière continue. C'est impossible dans les petits entrepôts si l'on ne veut pas avoir nécessité d'une double ou triple équipe de mécaniciens. On se contente généralement de huit à douze heures de fonctionnement maximum par jour en ayant réserve de froid suffisante pour assurer la régularité du régime calorifique et hygrométrique.

Nous verrons plus loin quelle est l'impérieuse nécessité de cette régularité de régime, lorsque nous étudierons la question d'humidité qui vient de beaucoup compliquer la donnée du problème et faire que le chauffage d'un édifice est un problème infiniment plus simple que celui du refroidissement.

La question de pureté de l'air, à laquelle on paraît attacher une importance extraordinaire dans de récentes discussions (basées surtout sur la nécessité de provoquer et de justifier l'emploi d'appareils épurateurs de l'air), ne nous paraît pas devoir être prise en aussi sérieuse attention que les lois générales de la fermentation ou de la théorie microbienne pourraient le faire supposer.

Le grand débat reste toujours ouvert de savoir si le microbe est la cause unique, ou simplement connexe du développement de telle ou telle fermentation.

Digitized by Google

On sait par contre et de façon certaine qu'il peut y avoir des myriades de ferments ou de microbes dans un terrain favorable à leur développement sans qu'aucune fermentation ne s'établisse si les conditions physiques ou chimiques nécessaires à la vie de ces êtres ne sont pas réalisées.

Si donc les degrés de froid et d'hygrométrie sont bien maintenus dans les chambres, le nombre relatif de microbes par centimètre cube de l'air n'a qu'une influence bien petite sur la plus ou moins bonne conservation. De l'air contenant des gaz sera évidemment nuisible, sans que pour cela il soit démontré en aucune manière que l'air absolument stérilisé à grand frais soit nécessaire pour le régime normal des chambres frigorifiques.

Par contre si de l'air de ventilation des chambres se charge de microorganismes on aura une indication nette que les marchandises ne se conservent pas bien, il faudra rechercher les causes d'altération et y remédier. La présence du microbe serait donc ici comme dans bien d'autres cas un symptôme utile, et non pas une cause déterminante.

## Régime des chambres frigorifiques.

Je viens d'examiner quelle était la véritable incertitude qui régnait sur les trois données fondamentales, auxquelles on s'attachait jusqu'ici pour caractériser le régime des chambres frigorifiques et qui sont :

1° La température;

2° Le degré hygrométrique;

3° L'influence des ferments ou de la pureté de l'air.

Il conviendrait cependant de pouvoir déterminer d'une façon au moins approximative ces données, ce qui permettrait d'appliquer à chaque produit le véritable régime de conservation qui lui convient.

Jusqu'ici on s'est contenté, pour expliquer la conservation des denrées périssables par le froid d'une explication réellement trop simple.

On dit couramment : le froid arrête les fermentations; ce serait donc par le stoppage des fermentations que l'on réaliserait la conservation des denrées. Malheureusement cette raison couramment admise ne résiste pas un instant à l'examen.

Ce que nous avons dit précédemment au sujet de la conservation des bulbes et des plantes de forceries, des fleurs, montre

Digitized by Google

bien qu'une vie latente, intime, continue son action, puisque par exemple les fleurs reprennent leur parfum, ce qui n'est évidemment que la manifestation de l'activité de certaines cellules.

On connaît les expériences faites pour déterminer l'action des très basses températures sur les bactéries. Des spores ont été conservées six mois à une température de 200 degrés au-dessous de zéro et sont sorties victorieuses de l'épreuve. On peut dire que le froid est plutôt bienfaisant, il conserve la vie plutôt qu'il ne la détruit et ceci s'explique aisément.

Chez une graine, par exemple, la diminution et la perte de la faculté germinative sont dues à de lentes modifications de l'ordre chimique qui se continuent excessivement lentement quand la température s'abaisse.

Le froid prolonge donc la vie en y introduisant une sorte d'intermittence ou plutôt une très grande lenteur de régime au profit de la durée.

La dessiccation, c'est-à-dire l'abaissement du degré hygrométrique de l'air, n'est pas non plus une cause suffisante pour expliquer ce qui se passe dans les chambres frigorifiques, ce régime sec ne modifie pas simplement la vie des spores. Au surplus on peut aussi discuter sur la base même de l'explication courante qui consiste à ne se préoccuper que de l'arrêt des fermentations.

Lorsque le ferment est une cellule vivante, il est bien évident que les phénomènes de décomposition ne sont que la résultante de la vie de cette cellule, mais il est bien d'autres phénomènes de fermentations qui se produisent par suite de la présence d'une diastase, sans intervention d'aucune vie.

Il suffit de se reporter aux études de Büchner sur les différentes diastases dans la cellule de levure, elles démontrent la loi uniforme de toutes les fermentations que l'on peut résumer en disant que le ferment n'agit et ne provoque de réaction chimique que grâce à la présence de produits de sécrétion spéciaux, de diastases ou de ferments inorganisés. C'est ainsi que la transformation du sucre en alcool, qui se produit dans les fruits, provient d'une diastase. Il en est de même de la digestion des matières albuminoïdos sous l'influence des pepsines, de la désagrégation de l'amidon en présence de l'amylase de l'orge.

On voit par ce qui précède que le problème est beaucoup plus complexe qu'un examen superficiel n'aurait pu le faire supposer, et qu'il y a lieu d'en définir les différents éléments.

Digitized by Google

J'estime que pour savoir ce qui se passe dans l'entrepôt frigorifique où l'on conserve des denrées, il faut tenir compte des causes suivantes :

1° De la température de l'enceinte;
2° Du degré hygrométrique de l'air;
3° Des causes de contamination de l'atmosphère intérieure;
4° Des causes de contamination de l'air extérieur (brasseries, usines);
5° De l'effet de la lumière directe (beurres);
6° De l'effet de l'oxygène de l'air;
7° De l'état électrique de l'atmosphère extérieure;
8° Des radiations invisibles d'activité chimique intense;
9° Des réactions chimiques, physiques et microbiologiques au sein des substances à basse température;
10° D'un phénomène d'ordre encore beaucoup plus général : la désagrégation continue de la matière.

Chacune de ces causes doit être examinée successivement et dans chaque cas. Ce ne sera que par un exemple particulier que nous pourrons apprécier quelle est la part qu'il convient d'accorder à chacune d'elles et un exemple précis permettra d'en faire l'application pour la conservation d'une denrée de composition bien déterminée.

On voit très nettement *à priori* la nécessité d'une *température régulière*.

Tout indique l'inutilité et même le danger des contractions et dilatations qui résultent des oscillations de température. Ceci implique donc la nécessité, non seulement, de régulariser la température de l'air employé dans la chambre, mais aussi de disposer tous les organes de production ou d'accumulation du froid, pour éviter les variations locales de température dans l'enceinte, soit le réchauffement par le voisinage des portes ou des baies d'éclairage, soit, au contraire, un refroidissement trop intense, ou des congélations partielles, pour des marchandises placées trop près des tuyauteries d'air froid ou des surfaces métalliques de circulation du fluide refroidisseur.

En ce qui concerne l'*hygrométrie*, la disposition intérieure des chambres demandera à être encore étudiée avec beaucoup plus d'attention et pour éviter les variations locales qui sont les mêmes que celles relatives à la température, mais il faut tenir compte du phénomène plus important de la distillation à distance, c'est

Digitized by Google

à-dire, l'application du phénomène de la paroi froide qui amène la condensation de la vapeur d'eau sur les objets.

Les gouttelettes d'eau qui se déposent sont chargées de toutes sortes de poussières, de ferments, voire même de gaz empruntés à l'atmosphère et chaque gouttelette d'eau peut constituer, au contact de la denrée, un premier point de développement de la vie microbienne.

*Les causes de contamination de l'atmosphère intérieure* proviennent de la légère fermentation qui se continue dans les denrées, comme par exemple, les raisins, les viandes réfrigérées, les plantes ou les denrées naturellement odorantes. L'expérience a appris qu'il était nécessaire d'évacuer les résidus gazeux de ces très légères fermentations. On sait maintenant que dans toutes manifestations de la vie, les gaz résiduaires des fermentations emportent avec eux des toxines, et la présence de ces produits, qui existent à l'état liquide et gazeux comme les ptomaïnes constitue un danger auquel il faut se soustraire en renouvelant l'air, car ils pourraient se fixer sur les marchandises par le phénomène de condensation des vapeurs d'eau qui se produit constamment.

*Les causes de contamination de l'air extérieur* sont très nombreuses et j'estime que dans ce cas on a plutôt à craindre les gaz odorants provenant de la fermentation des matières organiques, que l'air même chargé de poussières riches en microbes de tous genres.

C'est ainsi que le voisinage des brasseries et malteries, des chais, des docks, des magasins de cuirs verts ou de peaux fraîches ou des usines de traitement des matières organiques, est plus redoutable en raison de la présence des ammoniacaux ou sulfurés ou autres produits, que celui de l'atmosphère des grandes villes bien riche en microbes de tous genres.

Les effets de la lumière directe étaient soupçonnés, mais l'on n'y attachait pas jusqu'à ce jour toute l'importance désirable, et cependant on sait maintenant que pour le lait et pour le beurre particulièrement il y a nécessité de supprimer l'action des rayons chimiques en employant à l'éclairage des verres rouges comme on le fait dans un laboratoire photographique. Par cette seule précaution on augmente de beaucoup la durée de conservation de certains produits délicats.

L'oxygène de l'air produit un rancissement des graisses particulièrement sensible pour le beurre et autres produits analogues, c'est pourquoi et afin de tenir compte de cette action, il con-

Digitized by Google

viendra de ne recevoir dans la chambre frigorifique, pour des conservations de très longues durées, que des marchandises mises en récipients étanches ou emballées de manière à réduire au minimum cette action oxydante de l'air.

L'état électrique de l'air, circonstance sur laquelle on ne peut rien directement, doit cependant être pris en considération. Il suffit de se rappeler la décomposition quasi foudroyante et spontanée de la viande ou du poisson par les temps chauds et orageux au printemps et en automne, alors que ces mêmes marchandises supportent couramment en été des températures beaucoup plus élevées.

On devra donc surveiller très attentivement les denrées qui pourraient être apportées au dépôt frigorifique dans les journées chaudes et orageuses, et les refroidir activement et énergiquement pour éviter les phénomènes intensifs de décomposition qui sont à redouter. Il existe des radiations invisibles chimiquement très actives, il y a là des phénomènes bien mal connus pour être analysés et qui doivent être certainement en relation avec les manifestations électriques de l'atmosphère. La production des rayons chimiques ultra-violets est bien connue et cette considération peut conduire à certaines précautions dans la construction des dépôts.

Je crois avoir la certitude qu'en plaçant une mince feuille de tôle dans les cloisons en planches qui constituent les parois des dépôts frigorifiques on obtient de meilleurs résultats pour la conservation des viandes congelées à très longue échéance. C'est à ce fait que j'attribuerai la coloration magnifique et la parfaite conservation au point de vue de l'aspect extérieur que l'on peut remarquer sur toutes les marchandises congelées transportées par les navires modernes. Je puis dire en toute certitude que la viande congelée provenant d'Australie, ayant subi par conséquent un magasinage sur navire de quarante à quarante-jours, est infiniment plus blanche et plus rosée dans ses parties musculaires que le seraient des quartiers de viande identiques conservés dans un dépôt frigorifique ordinaire, construit en menuiserie et simplement isolé par du liège.

Le détail des réactions physiques, chimiques et biologiques qui se passent au sein des substances à basses températures m'entraînerait trop loin, je les rappellerai seulement pour en tenir compte ensuite lorsqu'il y aura lieu. Il y a quelques faits essentiels dont il faut se souvenir.

Digitized by Google

Le minimum de densité de l'eau se produit à + 4 degrés centigrades, chiffre fatidique en quelque sorte que nous trouverons indiqué comme degré optimum pour la conservation en réfrigération.

Au delà et en deçà de ce degré de température il y a dilatation ou contraction des liquides orgniques, donc travail interne dans les cellules, ce qu'il faut éviter. De même le fait de l'énorme dilatation de l'eau au moment de sa congélation (près d'un dixième) doit être retenu pour expliquer la désagrégation de certaines substances par une congélation rapide.

On comprendra de même qu'en dehors de l'action néfaste provenant d'un commencement de vie microbienne dans les gouttelettes d'eau qui se déposent sur les marchandises par condensation, il y a aussi un énorme apport de chaleur puisque l'eau est un des fluides dont la chaleur de liquéfaction est la plus considérable (606 1/2 calories).

J'ai indiqué précédemment l'influence de la température sur la concentration relative des liquides organiques qui sont tous plus ou moins chargés de sels. Le phénomène de dissociation physique qui se produit à ce moment est gros de conséquences pour la composition intime de la denrée alimentaire en ses différents éléments.

Une solution saline est un mélange intime de deux corps distincts, un froid relatif produit une sensible sèparation des composants, et une congélation totale produit une séparation chimique complète. Des cristaux se déposent et l'eau se congèle à part sous forme de glace, à ce moment se produit une dilatation de chaque cellule ; l'ensemble des deux actions est d'une importance capitale, car d'autres phénomènes secondaires en résulteront.

Si l'on considère un bloc de glace dure et compacte comme est la glace transparente, on verra qu'en y projetant quelques gouttes d'une solution très colorée (de violet de Paris, par exemple) il y aura pénétration presque instantanée de la matière colorante jusqu'à 2 ou 3 centimètres de profondeur de la glace, alors que celle-ci par sa densité et son aspect physique ne semblait pas devoir subir cette action. Or la glace soumise à l'air extérieur se couvre d'eau, cette eau entraîne avec elle des poussières, des germes, des ferments, voire même des sels en suspension dans l'air et ce liquide complexe a pénétré par des effets de capillarité au centre des cristaux de glace. On voit immédia-

Digitized by Google

tement quelle conséquence on en peut tirer au point de vue de la différence entre la congélation de la denrée et la simple réfrigération, et pourquoi il convient de fixer très exactement à un degré déterminé, la température des chambres de congélation pour éviter les phénomènes secondaires que nous venons de définir qui produiraient un effet désastreux au moment du réchauffement de la denrée.

Il faut conclure aussi de cette simple observation qu'en fait il n'existe pas de glace réellement stérile, à moins d'utiliser la glace que l'on viendrait de produire au moment même de son emploi.

Un bloc de glace fabriqué avec de l'eau bouillie, rebouillie, mis en magasin, transporté ensuite chez le détaillant et de là chez le consommateur, a été nécessairement contaminé par cet apport de substances étrangères et on peut retrouver même à une certaine profondeur dans le bloc des microbes ou des ferments qui n'y existaient certainement pas au moment de sa fabrication.

En conséquence lorsque le Laboratoire municipal indique comme caractéristique de la glace hygiénique, le fait de donner par fusion de l'eau pure, il commet une erreur scientifique des plus graves puisqu'elle peut causer la condamnation des producteurs de glace ayant cependant pris toutes les précautions possibles pour la fabrication.

Ces diverses notes vont trouver leur application spéciale pour la conservation des pommes de terre, que nous donnons comme exemple de la théorie qui peut être faite pour chacune des denrées conservées dans les magasins frigorifiques.

## APPLICATION

### Détermination des conditions de conservation des pommes de terre.

Nous voulons *déterminer* et *fixer* quelles sont les conditions à remplir pour la bonne conservation des tubercules qui, comme la pomme de terre, doivent non seulement être représentés avec la même composition chimique après un long magasinage, mais dans lesquels il faut aussi que la vie active et la germi-

Digitized by Google

nation soient possibles après sortie du magasin frigorifique. On doit donc préciser les données indispensables relatives :

Au degré de température ;
Au degré hygrométrique ;
A l'aération.

Pour cela nous allons examiner immédiatement l'action de la chaleur sur ces tubercules.

Une température inférieure à zéro degré gèle la pomme de terre, désorganise le tissu, détermine la mort du tubercule, et le rend inutilisable.

Les températures élevées peuvent produire aussi une désorganisation des tissus. La mort du tubercule se produit par un chauffage prolongé à 45 ou 50 degrés, la destruction des cellules commence à se produire à 60 degrés et est totale à 80 et à 100 degrés, c'est l'effet de la cuisson ordinaire. Dès lors, c'est entre 0 et 45 degrés que l'on pourra conserver la pomme de terre vivante, il faut maintenant faire le choix de la température la plus convenable entre 0 et 45 degrés.

La vie des tubercules en se continuant est accompagnée d'une respiration qui se manifeste par une sorte de transpiration ou émission de vapeur d'eau, celle-ci est d'autant plus abondante que la température est plus élevée et son intensité s'accroît plus rapidement que la température.

L'évaporation d'eau et la production d'acide carbonique s'effectuent aux dépens du tissu de la pomme de terre et la transpiration sera d'autant plus considérable que la température sera plus élevée.

On en pourrait conclure qu'il y a intérêt à maintenir les tubercules à une température aussi proche que possible de 0 degré pour diminuer l'usure interne du tubercule.

En adoptant la température minimum de 0 degré même on risquerait la congélation, si par un accident ou un manque de surveillance quelconque, l'air de refroidissement descendait au-dessous de 0 degré. Il faudrait donc par prudence adopter pratiquement la température de + 3 ou + 4 degrés centigrades qui a été fixée par beaucoup d'auteurs, mais nous allons voir que d'autres considérations détermineront le choix d'une température plus élevée.

Il résulte en effet dans la pratique courante que les pommes

Digitized by Google

de terre conservées à cette température de + 3 ou + 4 degrés centigrades perdent beaucoup de leurs qualités. Il faut donc se rendre compte du motif de cette altération.

On sait que les pommes de terre contiennent à la fois de la glucose et de la saccharose provenant sans doute de l'action d'une diastase ou ferment soluble sur la fécule. Cette sorte de décomposition de la fécule, appelée fermentation ou fonction diastasique, paraît à peu près indépendante de la température, c'est-à-dire que la quantité de glucose et de saccharose formée dans la pomme de terre ne dépend guère que de la durée de l'action diastasique. On sait en outre que le carbone du gaz carbonique rejeté à la suite de la respiration cellulaire est surtout fourni par la combustion des sucres, et particulièrement de la saccharose. Ces sucres formés sous l'action diastasique disparaissent par la respiration, et ce qui n'est pas brûlé tend à reformer de la fécule, avec la mise en liberté d'une certaine quantité d'eau. La glucose et la saccharose qui naissent dans les feuilles, sous l'influence de la radiation solaire, se transforment de même en fécule dans les tubercules avec élimination d'eau sous l'influence d'un ferment amylogène.

Les combustions respiratoires et la formation de fécule (fonction amylogène) croissent plus rapidement que la température. Elles compensent assez exactement la fonction diastasique c'est-à-dire la formation de glucose et de saccharose, lorsque la température est de 8 degrés centigrades environ, elles lui sont supérieures lorsque la température est plus élevée, mais elles ne l'atteignent pas lorsque la température est moindre.

Si donc on conserve les tubercules à 9, 10 degrés et plus, on n'y trouve pas de glucose et saccharose en quantités appréciables. Au contraire, à 7 et 6 degrés et surtout à 3 et à 4 degrés, la température à laquelle on conseille de conserver les pommes de terre, la quantité de sucres formés étant constamment plus grande que celle des sucres utilisés par la respiration et par la formation de fécule, ces sucres s'accumulent d'autant plus vite que la température est moins élevée. Le goût et la saveur des tubercules se modifient peu à peu. Cette modification, d'abord insensible, rend les pommes de terre désagréables à manger, enfin immangeables lorsque la proportion du sucre atteint 1 0/0 du poids. Elles ont le goût de pommes de terre gelées. Il résulte de ces faits que cette saveur des pommes de terre n'est pas due à la gelée, comme on le croit généralement, mais à un phénomène

Digitized by Google

physiologique qui doit se poursuivre pendant quelque temps pour que son action soit appréciable.

Le sucrage physiologique des pommes de terre, sous l'influence d'une basse température, se produit aux dépens de la fécule; de sorte que les tubercules sucrés sont non seulement impropres à l'alimentation, mais ils sont encore fortement dépréciés pour la féculerie. En effet, 1 0/0 de sucre correspond sensiblement à 1 0/0 de fécule. Il en est différemment en distillerie, puisque l'on commence par saccharifier la pomme de terre, c'est-à-dire à transformer la fécule en sucre fermentescible. La saccharification physiologique d'une partie de la fécule ne peut être défavorable.

Ces mêmes conditions constituent un milieu favorable au développement des bactéries et des cryptogames divers. On dit que les pommes de terre sucrées sont en état de réceptivité maximum pour ces êtres dont le pullulement détermine leur altération, puis leur pourriture.

En résumé la température sera maintenue aussi proche que possible de + 8 degrés centigrades, et la ventilation devra s'effectuer très lentement à la même température avec de l'air à 0,80 de saturation.

Au-dessous de ce degré hygrométrique, il y aurait dessiccation trop grande et en le dépassant on risquerait de laisser se développer les moisissures.

La détermination est donc complète, elle résulte de l'examen détaillé des phénomènes de la vie végétative, et la même méthode s'appliquera dans tous les cas.

---

Digitized by Google

# CHRONIQUE

## N° 328.

---

SOMMAIRE. — Les locomotives à l'Exposition de Milan en 1906. — Le navire aérien Zeppelin. — Le bateau à vapeur *Blumlisalp* du lac de Thoune. — Application de l'électricité aux machines d'extraction et de laminoirs. — Rendement d'une machine d'élévation d'eau. — Épuration des eaux d'égout.

**Les locomotives à l'Exposition de Milan en 1906.** — A l'Exposition de Milan, l'année dernière, la section des chemins de fer avait une importance considérable; elle ne comptait pas moins de 52 locomotives à vapeur, chiffre dépassant notablement celui de toutes les expositions qui ont eu lieu depuis celle de Paris en 1900. En effet, si celle-ci présentait 66 locomotives, on n'en trouvait que 40 à Saint-Louis en 1904 et seulement 32 à Liége en 1905. Il en est de même pour le nombre des pays ayant envoyé des machines de ce genre, nombre qui de 9 pour 1900 tombe à 4 à Saint-Louis et à 2 pour Liége et se relève à 6 à Milan.

L'importance relative de ces deux chiffres pour l'Exposition de Milan trouve une explication toute simple, croyons-nous, dans les conditions actuelles des chemins de fer de la Péninsule. La pénurie de matériel roulant dont ils souffrent a créé, en Italie, un marché très actif pour la fourniture des locomotives, wagons, etc. Il est dès lors naturel que les pays qui sont dans de bonnes conditions pour entreprendre ces fournitures se soient fait représenter à Milan par leurs produits et il l'est aussi que l'Italie ait tenu à faire voir qu'elle possède elle-même, dans ce domaine, des ressources propres très sérieuses et dont le développement a été considérable dans ces dernières années.

Il nous a paru utile de donner dans notre Chronique une description sommaire des locomotives exposées à Milan, comme nous l'avons déjà fait pour les locomotives étrangères de l'Exposition de Paris en 1900 et pour les locomotives de l'Exposition de Saint-Louis.

Nous ferons suivre cette description des observations que pourront nous suggérer l'examen des dispositions adoptées et la répétition plus ou moins importante de ces dispositions, relativement aux tendances qu'on peut en déduire pour la construction des locomotives.

Nous diviserons les machines en quatre catégories basées sur la nature du service qu'on leur demande, savoir : 1° locomotives pour trains de voyageurs; 2° locomotives pour trains de marchandises ou voyageurs sur profil accidenté; 3° locomotives pour service secondaire et industriel et enfin, 4° locomotives pour chemins de fer à voie étroite.

La classification par pays d'origine nous parait la plus logique, c'est celle que nous avions adoptée dans nos précédentes études.



Digitized by Google

La répartition des 52 locomotives à vapeur des différentes catégories s'effectue entre les divers pays de la manière suivante :

| | 1 | 2 | 3 | 4 | Totaux |
|---|---|---|---|---|---|
| Allemagne | 5 | 5 | 3 | » | 13 |
| Autriche-Hongrie | 3 | 2 | 1 | 2 | 8 |
| Belgique | 6 | » | 2 | 2 | 10 |
| France | 5 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| Italie | 3 | 3 | 3 | 1 | 10 |
| Suisse | 2 | » | » | 1 | 3 |
| Totaux | 24 | 11 | 10 | 7 | 52 |

### Locomotives allemandes.

Les locomotives qui figurent dans la section allemande proviennent toutes, à l'exception de deux envoyées par les ateliers de Grafenstaden de la Société Alsacienne de construction mécanique, de maisons prussiennes au nombre de six; on peut s'étonner de ne voir aucune locomotive provenant des maisons bavaroises Krauss et Maffei.

La maison Borsig expose 3 machines, la maison Henschel 3, la fabrique berlinoise de machines 1, la Société Alsacienne 2, la fabrique de machines de Breslau 1, la Société Hanovrienne 2 et la Société Vulcan 1, total 13 locomotives.

*A. Borsig, à Tegel, près Berlin.* — Cette maison a envoyé à Milan une locomotive à 4 essieux couplés avec essieu porteur à l'avant, destinée au chemin de fer d'Anatolie, section de Haïdar-Pacha-Ekirchehir, et qui peut se représenter par CMCCP. C'est une machine compound à deux cylindres à tender séparé; les cylindres sont extérieurs et légèrement inclinés; les tiroirs et la distribution à coulisse droite d'Allan sont à l'intérieur; il n'y a qu'une glissière pour guider la tête du piston.

L'appareil de démarrage est du type Dultz, les deuxième et quatrième essieux ont un jeu latéral de manière que la machine puisse passer dans des courbes de 200 mètres de rayon.

Les cylindres ont 0,520 et 0,780 m de diamètre et 0,630 m de course, les roues 1,25 m avec 4,50 m d'écartement des essieux parallèles et 6,82 m d'écartement total. La grille a 2,30 et la surface de chauffe 144 m²; la pression est de 13 kg. Le poids à vide est de 49 000 kg et en service de 55 000 dont 50 000 de poids adhérent. Le tender, à trois essieux, avec 12 m³ cubes d'eau et 5 t de charbon pèse 32 000 kg.

Cette machine remorque des trains de 200 t sur rampe de 25 0/00 à 18 km à l'heure, ou 400 t sur 14 0/00 à la même vitesse.

La même maison expose aussi une locomotive-grue à deux essieux accouplés; le montant de la grue repose sur le haut du foyer; la volée a 5 m, la grue a une force de 3 000 kg, la machine pèse 21 500 kg à vide et 26 500 en service.

Une troisième machine est une locomotive à eau chaude portée sur deux essieux accouplés; le réservoir contient 3 500 kg d'eau qui permettent de fonctionner pendant six heures consécutives à raison de

Digitized by Google

24 kg de vapeur par cheval-heure. La machine pèse à vide 12500 kg et 16000 en service. La pression maxima est de 12 kg.

*Henschel et fils, à Cassel.* — Cette maison expose deux locomotives. La première est une machine à voyageurs pour l'État prussien, direction d'Erfurt, à deux essieux accouplés et un bogie à l'avant MCPP. Elle porte un surchauffeur Schmidt placé dans la boîte à fumée.

Les cylindres ont 0,540 × 0,600 m, les roues motrices et accouplées 1,98 m avec un écartement d'essieux de 2,60 m; l'écartement total est de 7,60 m. La grille a 2,27 m², la surface de chauffe du foyer 10,60 et la surface totale 100,95 m²; celle du surchauffeur est de 30,75 m²; la pression est de 12 kg. La machine pèse à vide 49000 kg et en service 54500 dont 31000 de poids adhérent.

Le mécanisme est entièrement extérieur et la distribution du système Walschaerts avec le dispositif de relevage qui figurait à Vincennes en 1900 sur la locomotive de l'État prussien exposée par la Société berlinoise. La machine est munie de tiroirs cylindriques à double admission de Schmidt avec graissage sous pression et d'une porte de foyer système Langen-Marketti pour la prévention de la fumée.

La seconde machine, qui porte le nom de *Lady Cromer*, appartient aux chemins de fer de l'État égyptien: elle est portée sur deux essieux accouplés et un bogie à l'avant, soit CMPP. Les cylindres et le mécanisme sont intérieurs. Ces cylindres ont 0,457 × 0,660 m; les roues ont 1,905 m de diamètre; l'écartement des essieux accouplés est de 3,05 m et l'écartement total de 7,013 m. La grille a 2,20 m² et la surface de chauffe 114 m². La pression est de 12,6 kg, soit 180 livres. Le foyer très profond est compris entre les essieux accouplés. La machine pèse 49500 kg à vide et 56000 en service. Le tender à trois essieux, avec 15500 l d'eau et 5000 kg de charbon, pèse 35000 kg.

Une des particularités de cette machine, étudiée par M. F. Trevithick. Ingénieur en chef de la traction des chemins de fer de l'État égyptien, est la présence d'un réchauffeur d'eau d'alimentation placé dans la boite à fumée. L'eau refoulée par une pompe est, par le contact avec la vapeur d'échappement et les gaz de la combustion, portée à une température de 130 degrés avant d'entrer dans la chaudière.

La troisième locomotive de la maison Henschel est une petite locomotive tender pour la Société du chemin de fer Verona-Caprino-Garda, portée sur deux essieux accouplés avec mécanisme extérieur et distribution par coulisse Allan. Les caisses à eau font partie du châssis d'après la disposition bien connue de Krauss. Les cylindres ont 0,290 × 0,460 m, les roues 0,90 m avec écartement de 2,10 m. La grille a 0,80 m², la surface de chauffe 47 m². La pression est de 12 kg; la machine pèse 15200 kg à vide et, avec 2300 l d'eau et 1000 kg de combustible, 20000 kg; elle est munie d'un frein à main agissant sur les quatres roues, et de la contre-vapeur.

*Fabrique berlinoise de machines, précedemment Schwartzkopff.* — Cette Société présente une locomotive-tender à marchandises de l'État prussien, direction d'Essen, à cinq essieux, tous accouplés de la disposition

Digitized by Google

CMCCC, caractérisée par la présence d'un surchauffeur Schmidt dans la boîte à fumée et du dispositif de Gölsdorf pour les essieux.

Les cylindres et le mécanisme sont extérieurs, les tiroirs à pistons type Schmidt et la distribution du système Walschaerts. Les cylindres ont 0,610 $\times$ 0,660, les roues 1,350 m avec un écartement total des essieux de 5,800 m. La grille a 2,26 m² et la surface de chauffe 131,64 dont 11,53 m pour le foyer; le surchauffeur a 31,70 m²; la pression est de 12 kg. La machine pèse 59 000 kg à vide et 74 000 en service avec 7 000 l d'eau dans des caisses latérales à la chaudière et 2 000 kg de charbon à l'arrière de la plate-forme; l'effort de traction avec coefficient de 0,75 atteint 16 000 kg.

Les essieux II et IV sont fixes, tandis que les essieux I, III et V ont un déplacement latéral de 26 mm sur chacun des côtés, ce qui permet à la machine de passer dans des courbes de 200 m de rayon. L'essieu moteur est le quatrième à partir de l'avant; aussi pour ne pas trop allonger les bielles motrices, a-t-on dû donner aux tiges de piston une très grande longueur, 2,65 m, ce qui a nécessité la présence d'un guide intermédiaire. Il est ménagé entre les coussinets des bielles d'accouplement et les boutons de manivelle des jeux transversaux égaux à ceux des essieux correspondants. On a pu voir cette disposition sur une machine autrichienne exposée à Vincennes en 1900, par la fabrique de machines de Wiener-Neustadt.

La température de la vapeur surchauffée est en moyenne de 300 degrés et atteint 320 degrés. Dans les essais faits sur la première machine de ce type livrée en 1905, l'effort de traction a atteint 17 000 kg, soit le quart du poids adhérent. L'État prussien avait, à la date de juin 1906, déjà commandé trente-six locomotives de ce modèle.

*Société Alsacienne de construction mécanique.* — La Société Alsacienne avait à Milan deux locomotives construites dans les ateliers de Grafenstaden pour les chemins de fer d'Alsace-Lorraine.

La première, portant le nom d'*Andromède*, est une machine-tender pour trains locaux de voyageurs, marchant entre 50 à 70 km à l'heure. Elle est portée sur trois essieux accouplés, un bogie à l'avant et un autre à l'arrière, soit PPCMMPP. C'est une machine compound à quatre cylindres, dont une paire actionne le premier essieu et l'autre paire le second essieu. Les cylindres ont 0,340 à 0,540 m de diamètre avec 0,640 m de course; les roues accouplées ont 1,65 m et les roues de support 0,93 m de diamètre. L'écartement fixe des essieux est de 3,50 m et l'écartement total de 10 m.

La surface de grille est de 1,96 m² et la surface de chauffe de 123,4 dont 10,60 m² pour le foyer qui est du type Belpaire. La pression est de 14 kg. La machine pèse à vide 65 600 kg et. en service, 86 000 kg, dont 42 000 sur les essieux accouplés, 21 000 sur le bogie avant et 23 000 sur le bogie arrière. Il y a 9 700 l d'eau dans les caisses placées sur les côtés de la chaudière et 4 000 kg de charbon logés dans des soutes à l'arrière.

La seconde machine, nommée *Rolandseck*, est une locomotive à marchandises à cinq essieux accouplés et un essieu porteur à l'avant, soit

Digitized by Google

CCMMCP̄; elle appartient au type compound à quatre cylindres dont une paire actionne le troisième essieu et l'autre le second essieu. Les diamètres de ces cylindres sont 0,390 et 0,600 m et la course 0,65 m; les roues accouplées ont 1,33 et les roues de support 0,83 m; les essieux accouplés sont distants de 6,03 m et l'écartement total est de 8,20 m.

La chaudière, timbrée à 15 kg, a une grille de 2,77 m², une surface de chauffe totale de 250 m² dont 15 pour le foyer. La machine pèse à vide 67 250 kg et, en service, 75 000 kg dont 66 500 sur les essieux accouplés.

Le tender à quatre essieux, avec 18 m³ d'eau et 5 t de charbon, pèse 45 000 kg. Cette machine remorque un train de 515 t sur rampe de 15 0/00, à une vitesse d'environ 16 km à l'heure.

*Fabrique de machines de Breslau.* — Cette fabrique est représentée par une locomotive à voyageurs pour les chemins de fer de l'État prussien, direction de Breslau; cette locomotive est portée sur deux essieux accouplés et un bogie à l'avant; elle est du même type général que la machine Henschel. Elle est également à vapeur surchauffée, mais le surchauffeur est du type Schmidt dans les tubes à fumée.

Les cylindres ont 0,550 × 0,640 m, les roues accouplées 2,10 m et les roues de support 1 m de diamètre l'écartement total des essieux est de 8 m. La chaudière a 12 kg, une grille de 2,30 m² et une surface de chauffe de 138,70 m²; la surface du surchauffeur est de 38,60 m². La machine pèse à vide 53 600 kg, et en service, 59 000 kg dont 32 000 de poids adhérent. Le tender, à quatre essieux, contient 21 500 l d'eau et 5 t de charbon; il pèse plein 49 000 kg. La machine traîne un train de trente-six essieux, soit 306 t à la vitesse de 100 km à l'heure, vitesse qui peut atteindre 125 km; elle a réalisé avec des charges moindres une vitesse de 140 km.

*Société Hanovrienne de construction de machines.* — Cette Société expose deux locomotives. La première est une machine à voyageurs des chemins de fer de l'Etat prussien, direction de Hanovre, du type dit *Atlantic*, c'est-à-dire portée sur deux essieux accouplés, un bogie à l'avant et un essieu à l'arrière, soit P̄MCP̄P. C'est une compound à quatre cylindres placés les uns à côté des autres et actionnant le même essieu. On se souvient qu'une machine présentant cette disposition et étudiée par von Borries, était exposée par les mêmes constructeurs à Paris en 1900.

La machine dont nous nous occupons présente la particularité d'avoir une distribution par soupapes système Lentz pour les cylindres à haute pression. Il y a quatre soupapes pour un cylindre, deux pour l'admission et deux pour l'émission; ces soupapes sont à double siège et ramenées par un ressort. Leur tige porte par un galet sur une barre à bosses dont le déplacement alternatif horizontal ouvre ou ferme les soupapes. Cette barre est actionnée ainsi que la tige du tiroir à pistons du cylindre à basse pression, par une distribution Walschaerts comme dans la machine exposée à Paris.

Les cylindres ont 0,360 et 0,560 m de diamètre avec 0,600 m de course. Les roues ont 1,980 m de diamètre, les roues du bogie 1 m et

Digitized by Google

celle d'arrière 1,10 m; l'écartement des essieux accouplés est de 2,10 m et l'écartement total de 9 m. La chaudière, à tubes Serve, a 2,7 m² de surface de grille, et 234 m² de surface de chauffe, dont 9,9 pour le foyer; la pression est de 14 kg. La machine pèse à vide 57 600 kg, et en service, 62 000 kg, dont 30 400 sur les essieux accouplés. Les soupapes paraissent bien fonctionner, même à une vitesse de 125 km correspondant à 335 tours par minute; la vitesse a même été poussée jusqu'à 140 km.

Le tender pèse 48 000 kg avec 20 m³ d'eau et 6 t de charbon.

La seconde locomotive est destinée aux lignes secondaires à écartement normal des chemins de fer de l'Etat prussien; c'est une machine tender portée sur trois essieux accouplés à deux cylindres, avec mécanisme entièrement extérieur. Elle a la même distribution par soupapes que la précédente, mais les soupapes sont commandées par un mécanisme spécial, dont nous allons sommairement donner l'idée. Un bout d'axe extérieur, fixé à la contre-manivelle porte un excentrique à calage variable qui actionne les soupapes par sa barre; le décalage s'opère par le déplacement dans le sens de l'axe de l'essieu d'un manchon à denture actionné par un pignon porté par l'extrémité d'une tringle de commande allant jusqu'à la plate-forme du mécanicien.

Une autre particularité de cette machine est la présence d'un surchauffeur du système Pielock, formé, comme on sait, d'une caisse placée dans la chaudière et traversée par les tubes.

Cette machine a des cylindres de 0,400 × 0,550 m, des roues de 1,100 m avec écartement d'essieux de 3 m. La pression est de 12 kg; la grille a 1,45, la surface de chauffe 61,2 et la surface de surchauffe 21,5 m². Avec 4 300 l d'eau et 1 400 kg de charbon, le poids en service est de 36 000 kg.

*Fabrique de machines Vulcan, à Stettin.* — Cette fabrique expose une locomotive à quatre essieux accouplés à adhérence totale pour marchandises des chemins de fer de l'Etat prussien, direction de Hanovre; cette machine porte un surchauffeur Schmidt logé dans la boîte à fumée. Les cylindres et tout le mécanisme sont extérieurs et les tiroirs cylindriques du système Schmidt, sont actionnés par des distributions Walschaerts.

Les cylindres ont 0,600 × 0,660 m de diamètre, les roues 1,35 m, avec un écartement total d'essieux de 4,50 m. La chaudière a une grille de 2,25 et une surface de chauffe de 132,50 m²; le surchauffeur a 31,7 m²; la pression est de 12 kg. La machine pèse 49 000 kg à vide et 55 000 kg en service.

Le tender à trois essieux, avec 12 000 l d'eau et 6 000 kg de charbon, pèse 33 000 kg.

L'effort de traction développé par cette machine dont il existe un grand nombre d'exemplaires sans surchauffeur aux chemins de fer de l'État prussien atteint 10 200 kg. *(A suivre.)*

**Le navire aérien Zeppelin.** — Nous avons signalé, dans la Chronique d'août 1901, page 524, les essais faits au-dessus du lac de Constance avec le navire aérien du comte Zeppelin. Cet appareil avait

Digitized by Google

188 m de longueur, 11,66 m de diamètre extérieur, une capacité de 11 300 m³ et était mû par deux moteurs à pétrole Daimler de 16 ch chacun actionnant quatre hélices de 1,15 et 1,25 m de diamètre. Dans un des essais, effectué le 17 octobre 1900, le navire resta une heure en l'air avec un fonctionnement satisfaisant, mais qui néanmoins révéla diverses imperfections, entre autres l'insuffisance de la puissance motrice.

L'inventeur ne se découragea pas et, après diverses tentatives, il fit au mois d'octobre de l'année dernière des essais heureux sur un nouvel appareil, toujours sur le lac de Constance. Ce nouveau navire a 128 m de longueur et 11,70 m de diamètre; sa capacité est de 11 430 m³.

Il est mû par deux moteurs Daimler de 85 ch actionnant directement des hélices tournant à raison de 820 tours par minute. Le navire est constitué par une carcasse en aluminium divisée en seize compartiments dont chacun contient un ballon gonflé à l'hydrogène. La stabilité est assurée par des nageoires caudales formant aéroplanes, dont les dimensions et la position ont été déterminées par des expériences préliminaires effectuées par le professeur Hergesell avec un modèle qu'il soumettait à un courant d'air animé d'une vitesse de 12 m par seconde. La rigidité de la carcasse permet d'attacher ces nageoires à un endroit quelconque et leur emploi a pour effet de réduire l'importance du gouvernail horizontal chargé, dans les premiers modèles, de contribuer à la stabilité. Avec quatre hommes dans la nacelle aérienne et cinq dans la nacelle avant, le navire peut encore prendre 2 500 kg de lest.

Le premier essai eut lieu le 9 octobre 1906; le gonflement avait demandé cinq heures et avait été terminé à 2 heures et demie la veille. A 10 heures du matin, on régla la charge de manière à donner à chaque nacelle une capacité de flottaison de 60 kg. A 11 heures et demie, le ponton sur lequel reposait le navire aérien fut remorqué par un bateau à vapeur jusqu'au milieu du lac et à 1 heure on défit les amarres qui retenaient le navire au ponton, on mit en mouvement ses hélices d'avant et on jeta du lest. L'appareil s'enleva et se dirigea vers Constance sous l'action des hélices d'avant seules. On put constater, du canot automobile qui le suivait, que le navire obéissait parfaitement au gouvernail et marchait avec une grande régularité. Une demi-heure après le départ, le navire décrivit un arc de 180 degrés et se dirigea sur la côte wurtembergoise, vers Manzell son point de départ. Une fois là, on arrêta les moteurs et l'appareil descendit lentement jusqu'à ce que les nacelles reposassent sur l'eau et, après deux ou trois oscillations d'un côté à l'autre, il resta immobile. On put alors l'amener sur le ponton qui fut ensuite poussé sous le hangar qui sert d'abri.

Sur ce hangar est établie une plate-forme qui se trouve à 35 m de hauteur au-dessus du niveau du lac. Le professeur Hergesell y a installé un observatoire pour déterminer la direction et la vitesse du vent au moyen de ballons captifs et pilotes qu'on observe avec un théodolite qui sert aussi à relever la position du navire aérien et à déterminer sa vitesse lorsque le sens de la marche s'y prête.

Les vitesses relevées pendant ce premier essai ont été de 8 à 9 m par seconde lorsqu'un seul moteur était en action et de 12 à 13 m avec les

Digitized by Google

deux moteurs. Ce jour-là, le vent était très faible, sa vitesse était de 2 m à peine et par moment elle était insensible.

Un second essai fut fait le jour suivant, 10 octobre. A 1 heure le ponton fut tiré par un canot automobile hors du hangar, on n'avait pas jugé utile de demander un remorqueur. Ce fut un tort, car le vent, venant à tourner, poussa le navire de côté contre le hangar, malgré la résistance du canot; pour éviter une collision, on dut amarrer le ponton à une bouée et une des amarres qui fixait le navire au ponton se rompit. Le compte Zeppelin donna l'ordre de lâcher tout et, avec une projection simultanée de lest, le ballon s'enleva à une faible distance du hangar. Les moteurs furent immédiatement mis en marche et imprimèrent au navire une vitesse de 14 m par seconde. On fit à peu près le même trajet que la veille, mais comme le vent était assez fort, la descente fut opérée dans le lac sans aucun incident autre qu'une légère avarie au gouvernail arrière. Le navire fut remorqué par un bateau à vapeur qui passait et remisé dans le hangar comme précédemment.

Dans cet essai, un parcours total de 110 km fut effectué en deux heures et dix-sept minutes, ce qui donne une vitesse moyenne de marche de 14,40 m par seconde ou 51,84 km à l'heure.

Les observations directes faites au théodolithe de l'observatoire ou à bord ont indiqué des vitesses de 14 et 15 m et un maximum de 22 m dû à ce qu'à ce moment le navire marchait avec un courant d'air local de 7 à 8 m par seconde. On rencontra même de ces courants contraires assez forts pour rendre la vitesse à peu près nulle. Dans ces diverses conditions, le navire conserva un équilibre parfait. Une légère tendance au tangage fut facilement combattue par le gouvernail horizontal et les oscillations latérales furent absolument nulles.

Le navire se maintint en général à une hauteur de 350 m au-dessus du lac; il s'éleva au maximum à 450 m au-dessus de l'eau, altitude correspondant à celle de 850 m au-dessus du niveau de la mer; la hauteur minima fut de 120 m. On dépensa, pendant l'essai seulement, 180 kg de lest y compris le poids de benzine brûlée représentant 0,23 kg par cheval-heure.

La capacité considérable de flottaison du ballon fait qu'il n'est pas difficile de régler la répartition de la charge. On en a une preuve dans ce fait qu'au départ un homme qui n'avait pas quitté à temps la nacelle arrière fut enlevé avec elle sans que l'horizontalité du navire fût modifiée d'une manière appréciable. Il y avait dans l'essai du 10 octobre onze personnes dans l'appareil, dont quatre dans la nacelle arrière et sept, y compris le comte Zeppelin, l'ingénieur Dürr et le capitaine von Kehler, dans la nacelle avant.

L'abondance de lest et le fonctionnement irréprochable des moteurs auraient permis de prolonger considérablement le parcours si on n'eût pas jugé prudent de descendre en temps utile pour remiser le ballon avant la nuit.

Le rapport du professeur Hergesell et du capitaine von Kehler reproduit dans les *Illustrirte Aeronautische Mitteilungen* et dont nous avons extrait les renseignements qui précèdent se termine par les conclusions suivantes :

Digitized by Google

I. *Stabilité*. — Le navire aérien dont il est ici question, tel qu'il est disposé avec ses nageoires et ses gouvernails, est parfaitement stable, tant dans l'air calme qu'en présence de vents de forces et de directions différentes et même de courants ascendants appréciables. Les oscillations de l'axe observées dans des essais précédents ont complètement disparu.

II. *Ascension*. — L'ascension s'opère d'une manière très régulière, ce qui tient probablement à la traversée rapide de l'air, grâce à laquelle l'air se renouvelle constamment autour des sacs à gaz, prévenant ainsi les changements de température. L'élévation absolue peut être très notablement augmentée puisqu'on dispose d'une grande quantité de lest.

III. *Vitesse*. — Dans la seconde ascension on a réalisé une vitesse de 14 à 15 m par seconde, la plus grande qu'on ait encore réalisée avec un ballon actionné mécaniquement. Cette vitesse, qui correspond à 27 milles marins, est supérieure aux vitesses les plus élevées réalisées par de grands navires de mer.

IV. *Facilité de direction*. — Le navire aérien Zeppelin se dirige avec la plus grande aisance et d'une manière absolument certaine. Il tourne dans des courbes de très faible rayon. Dans les parcours en ligne droite de grande longueur, il faut une certaine attention de la part de l'homme chargé de la direction et, sous ce rapport, la seconde ascension a été en progrès marqué sur la première.

V. *Montée et descente*. — Les essais ont fait voir que la montée et la descente du ballon, en présence d'une surface liquide, ne présentent aucun danger grâce aux dispositions adoptées.

Les ressources financières très limitées dont disposait le comte Zeppelin ne lui ont pas permis de réaliser le projet conçu par lui depuis longtemps d'un hangar flottant s'orientant de lui-même dans la direction du vent et il a dû se contenter d'un hangar fixe présentant divers inconvénients (1). Mais cet arrangement n'est que provisoire et il sera indispensable de recourir au hangar flottant pouvant être orienté dans diverses directions.

VI. *Durée du vol*. — La durée relativement faible des ascensions est due au temps considérable employé par le ballon pour sortir du hangar et y rentrer et au peu de longueur du jour dans la saison où elles ont été faites. La disposition et le bon fonctionnement de l'appareil auraient, sans ces circonstances, permis un beaucoup plus long séjour en l'air.

Il semble résulter de ce qui précède que le navire aérien Zeppelin, qui dépasse en puissance et en dimensions tous les dirigeables existant actuellement, se place également en tête sous le rapport de la vitesse réalisée et de la longueur des parcours effectués. Nous extrayons ce qui précède du Supplément du *Scientific American* du 23 février 1907.

**Le bateau à vapeur « Blumlisalp » du lac de Thoune.** — Le *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* a donné, dans un de

(1) Une importante subvention accordée par le Gouvernement allemand va permettre de réaliser ce desideratum.

Digitized by Google

ses derniers numéros, la description de deux bateaux à vapeur, le *Blumlisalp* et le *Rhein*, construits par la fabrique de machines Escher Wyss et C[ie], à Zürich, le premier pour la Compagnie de navigation sur les lacs de Thoune et de Brienz, le second pour le service sur le lac de Constance des chemins de fer fédéraux. Nous ne parlerons que du premier qui est le plus grand et dont le second ne diffère guère que par les dimensions et par quelques particularités d'un intérêt secondaire.

Le *Blumlisalp* est un bateau-salon à roues à coque en acier; celle-ci a les dimensions suivantes :

| | |
|---|---|
| Longueur totale sur le pont . . . . . . . . . . | 60,00 m |
| — entre perpendiculaires. . . . . . . . | 58,00 |
| Largeur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6,80 |
| — hors tambours . . . . . . . . . . . . | 12.80 |
| Creux. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2.75 |
| Déplacement à vide. . . . . . . . . . . . . . | 283.00 t |
| Nombre de passagers. . . . . . . . . . . . . | 800 |

Comme tous les bateaux qui naviguent sur les lacs de Thoune et de Brienz, à cause de la faible largeur de l'Aar dans lequel ils doivent pénétrer, le *Blumlisalp* a deux gouvernails, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière; le premier est logé dans une échancrure de la coque.

Cinq cloisons étanches divisent le bateau en six compartiments; la première est placée à 6,50 m de l'étrave, la seconde et la troisième limitent l'emplacement du moteur, la quatrième est à 12,50 m et la cinquième à 3,50 m de l'étambot.

Sur le pont s'élève un vaste rouf allant de 16 m de l'avant jusqu'à l'arrière du bateau et contenant, à l'avant des machines, un restaurant de deuxième classe et, à l'arrière, une salle à manger de première classe de 15 m de longueur sur 6,25 m de largeur maxima. Le plafond du rouf forme un pont de promenade sur lequel est établi un fumoir en rotonde surmonté lui-même de la chambre du gouvernail dont la roue se trouve ainsi à 7 m environ au-dessus du niveau de l'eau.

Sous le pont se trouvent à l'avant un magasin, puis un salon de deuxième classe, à l'arrière des machines, une cuisine avec monte-plats desservant le restaurant de première classe, puis les logements de l'équipage. Dans les tambours sont disposés le bureau du capitaine, la caisse, le bureau de poste et les W.-C. nécessaires.

L'éclairage électrique est opéré par le courant fourni à 110 volts par une dynamo actionnée par une turbine Laval de 10 ch. Ces appareils sont dans la chambre des machines et la vapeur est empruntée aux grandes chaudières. Il y a quatre-vingt-dix lampes à incandescence et deux lampes à arc.

Le moteur se compose d'une machine compound à deux cylindres inclinés placés l'un à côté de l'autre. Ces cylindres ont 0,670 et 1,150 m de diamètre et 1,190 m de course et commandent directement un arbre à deux coudes; l'entre axe des cylindres ne correspond pas avec le milieu du bateau parce que le condenseur se trouve à côté du grand cylindre, actionné par un coude spécial de l'arbre. Le cylindre à haute pression a un tiroir cylindrique et le cylindre à basse pression un tiroir

plan, tous deux actionnés par des coulisses renversées. Il n'y a, à proprement parler, pas de bâtis; les paliers de l'arbre sont portés sur une caisse en tôle évidée pour le passage des coudes et faisant pour ainsi dire partie de la coque; les cylindres sont boulonnés sur les varangues; enfin, quatre tirants en fer relient les paliers et les cylindres et forment guides pour les traverses des têtes de pistons. Les paliers sont, d'ailleurs, comme on le fait dans toutes les machines à roues modernes, reliés par un bras venu de fonte avec un fort barrot pour transmettre directement au pont et à l'ensemble de la coque la poussée horizontale produite par la résistance de l'eau sur les aubes. Il y a entre les cylindres et le condenseur un réchauffeur tubulaire d'eau d'alimentation de 18,4 m² de surface. La chambre des machines contient deux pompes à vapeur Worthington servant l'une à l'alimentation, au lavage du pont, au service d'incendie; l'autre, plus petite, à divers usages domestiques.

Les roues, à aubes articulées, ont 3,90 m de diamètre et comptent chacune neuf aubes de 2,60 m de longueur sur 0,72 m de hauteur en tôle d'acier. Les tourteaux et l'excentrique sont en acier coulé, les cercles et les rayons en acier.

La vapeur est fournie par deux chaudières cylindriques tubulaires à retour de flamme avec surchauffeurs Schmidt. Chaque chaudière a deux foyers circulaires ondulés et 154 tubes. Voici les dimensions principales de ces générateurs :

| | |
|---|---|
| Surface de chauffe . . . . . . . . . . . . . | 118,90 m² |
| — des surchauffeurs . . . . . . . . . | 28,40 |
| — de grille . . . . . . . . . . . . . | 2,88 |
| Pression . . . . . . . . . . . . . . . . . | 10 atm |
| Nombre de tubes à fumée . . . . . . . . . | 154 |
| Diamètre — . . . . . . . . . . | 76/69,5 mm |
| Diamètre des corps de chaudière . . . . . . | 2,640 |
| Longueur — . . . . . . | 3,445 |
| Diamètre des foyers . . . . . . . . . . . . | 0,800 |
| Nombre des tubes de surchauffe . . . . . . | 60 |
| Diamètre — . . . . . . | 20/28 mm |

Les tubes de surchauffe sont placés dans un tube de 0,580 m de diamètre logé dans chaque chaudière à la partie supérieure du faisceau tubulaire entre les tubes ordinaires; ces tubes débordent dans les boites à fumée et se terminent par une boite en fonte portant les tubulures d'arrivée et de sortie de la vapeur. Les deux chaudières sont desservies par une cheminée de 1,35 m de diamètre; chacune porte un dôme à la partie supérieure duquel sont les soupapes de sûreté et la prise de vapeur allant au surchauffeur.

Les essais de recette ont été faits le 31 juillet 1906. Les machines ont développé une puissance de 620 ch indiqués avec une dépense de 455 kg de charbon, soit 0,733 kg par cheval-heure en donnant au bateau une vitesse de 26 150 m à l'heure. Dans un essai spécial de vitesse, on constata que celle-ci pouvait atteindre 29 200 m à l'heure.

**Application de l'électricité aux machines d'extraction et de laminoirs.** — Nous croyons intéressant de reproduire ici un

Digitized by Google

résumé d'une conférence faite, le 9 janvier 1907, à l'Association des Ingénieurs de Liége, par M. Creplet, chef de service à la Compagnie internationale d'Électricité, résumé que nous trouvons dans le *Bulletin scientifique de l'Association des Élèves de ces écoles*.

Les machines d'extraction se caractérisent, au point de vue mécanique, par la grande variabilité de la puissance qu'elles absorbent. Il importe donc, pour le constructeur, de connaître aussi exactement que possible la loi suivant laquelle varie la puissance requise par la machine.

En d'autres termes, il faut savoir quelle doit être, à chaque instant de son fonctionnement, la valeur du couple moteur (lequel est donné par la somme algébrique du couple statique et du couple accélérateur), ainsi que celle de la vitesse de la charge soulevée.

Le conférencier montre, sur plusieurs dfagrammes relatifs à des machines d'extraction électriques, comment varie la puissance pendant la durée du trait.

Cette grande variabilité dans la demande d'énergie empêche d'alimenter directement la machine d'extraction électrique par la centrale du charbonnage, par suite de la répercussion fâcheuse qu'entraineraient de tels à-coups dans tout le réseau.

Deux moyens ont été mis en œuvre pour tourner cette difficulté : le premier, qui est abandonné à l'heure actuelle par suite du coût élevé de son installation et de son entretien, comporte l'emploi d'accumulateurs formant *batterie tampon*. Le second moyen est basé sur l'emploi de volants spéciaux, à grand moment d'inertie et vitesse angulaire élevée qui emmagasinent l'énergie — momentanément inutilisée par la machine d'extraction — sous forme de force vive et cèdent ensuite une partie de celle-ci lors des grandes demandes de puissance.

Pour obtenir ce résultat, il faut naturellement permettre au moteur électrique d'extraction de tourner à des vitesses différentes; de cette façon, lorsque sa charge diminue, par exemple, l'énergie électrique que l'on continue à lui fournir, peut servir à augmenter sa vitesse et, par suite, celle du volant qu'il entraine.

Le conférencier démontre comment on peut récupérer à peu près 10 0/0 de l'énergie cinétique totale emmagasinée dans le volant, en admettant un glissement de 5 0/0 et environ 20 0/0 avec un glissement de 10 0/0.

Il décrit ensuite les différents genres d'installation employés pour réaliser cette solution. L'arbre sur lequel est calé le volant est attaqué par un moteur consistant, soit en une machine à vapeur, soit en un électromoteur à courant alternatif ou continu desservi par la centrale; le même arbre commande une dynamo dont le courant continu est utilisé par l'électromoteur qui constitue la machine d'extraction proprement dite.

Dans un autre dispositif, un moteur alimenté par la centrale actionne directement la génératrice à courant continu qui fournit l'énergie électrique au moteur d'extraction; dans le circuit de ces deux dernières machines est insérée une dynamo dont l'arbre porte le volant et qui fonctionne alternativement comme génératrice et comme réceptrice.

En utilisant ces moyens, on arrive à atténuer très fortement les va-

Digitized by Google

riations de la puissance demandée à la centrale; malgré la double transformation d'énergie qu'ils doivent réaliser, leur emploi peut procurer jusqu'à 20 à 25 0/0 d'économie dans la consommation journalière, sur la machine d'extraction à vapeur. A vrai dire, il faut noter que ces dernières donnent lieu à de grandes pertes par suite du rayonnement de la chaleur et des condensations dans les conduites de vapeur.

L'utilisation de l'électricité pour la commande des laminoirs présente des difficultés analogues à celles qu'on rencontre dans l'application des électromoteurs aux machines d'extraction.

Pendant le laminage d'un lingot, la puissance exigée varie à chaque instant de l'opération; les à-coups sont tellement importants que l'on voit souvent la puissance maxima atteindre le décuple de la puissance moyenne. Ici encore, on cherche à uniformiser autant que possible la demande d'énergie à la centrale, au moyen de puissants volants.

Le conférencier envisage successivement les avantages et les inconvénients qu'offrent pour cette application les trois genres de moteurs à courant continu, à excitation *série*, *shunt* ou *compound*. Il donne d'intéressants détails sur les dispositifs électriques de réglage et de sécurité employés, ainsi que sur les consommations d'énergie relevées lors du laminage de divers profils et termine en indiquant les difficultés spéciales que rencontrent les électriciens dans l'application la plus récente qu'ils cherchent à réaliser dans ce domaine de la métallurgie : la commande électrique des *laminoirs reversibles*.

**Rendement d'une machine d'élévation d'eau.** — Nous trouvons, dans les journaux américains, des résultats donnés par une machine élévatoire installée à la station de Wildwood, de la Pennsylvania Water C°, à Nadine. Il s'agit d'une machine compound verticale à deux cylindres, dont chacune commande une pompe. Les essais ont donné une consommation de vapeur sèche de 1 kg pour un travail en eau montée de 43 530 kgm, ce qui correspond à 6,43 kg par cheval en eau montée. Ces résultats, obtenus avec une machine à double expansion seulement, constituent un record. La machine a été fournie par la Compagnie Allis-Chalmers.

Une proportion de 9,9 0/0 de la vapeur dépensée a été consommée par les enveloppes des cylindres et le réchauffeur intermédiaire.

Un fait intéressant est la vitesse élevée de fonctionnement; la machine marchait en effet à 67,86 tours par minute, soit une vitesse moyenne des pistons, des cylindres à vapeur et des pompes, de 2,76 m par seconde. La charge totale, aspiration, refoulement et résistance, était de 187,55 m et le volume élevé de 37,850 m³ par vingt-quatre heures, ce qui représente un travail brut de 1 095 ch.

Les cylindres à vapeur ont 0,635 et 1,577 m de diamètre avec 1,22 m de course; les organes d'admission et d'échappement sont logés dans les fonds et plateaux des cylindres pour réduire au minimum les espaces neutres. La pression initiale est de 12,5 kg par centimètre carré à la soupape de prise de vapeur. La condensation se fait par surface.

Dans les essais de consommation, on a calculé le poids de vapeur au moyen du volume extrait du condenseur à surface (vapeur condensée)

Digitized by Google

auquel on a ajouté les purges provenant des enveloppes et du réchauffeur intermédiaire, et on a estimé le travail produit par le volume débité par les pistons multiplié par la charge totale. Le travail a été trouvé ainsi de 1 151,8 ch, tandis que le travail réalisé sur les pistons mesuré à l'indicateur était de 1 199,4 ch. Le rendement organique de la machine et des pompes ressortirait donc à 96,08 0/0. Le cylindre à haute pression a produit 605 et le cylindre à basse pression 594 ch, chiffres très peu différents l'un de l'autre.

Les pompes, du système Riedler, ont leurs soupapes commandées mécaniquement, par les excentriques qui actionnent les tiroirs; cette disposition est nécessaire pour permettre aux pompes de fonctionner dans de bonnes conditions aux vitesses employées. Une autre particularité est la présence de cylindres à air placés entre les cylindres à vapeur et les pompes; des pistons placés sur la tige commune comprimant de l'air dont la pression, à la fin de la course, absorbe l'inertie des pièces mobiles et de la colonne d'eau d'une manière beaucoup plus avantageuse que les contrepoids qu'on emploie quelquefois dans ce genre de machines.

Cette machine à double expansion ne coûte que les trois quarts à peu près du prix d'une machine du même genre mais à triple expansion; seulement elle dépense plus de combustible, de sorte que c'est un compte à faire entre les deux pour voir quel est le système qui est préférable, étant donné le prix du combustible.

**Épuration des eaux d'égouts.** — Au sujet de l'article contenu dans la Chronique de février 1907, sous le titre de : « Épuration des eaux d'égout par le système Vial », M. Desrumaux, administrateur-directeur de la Société « l'Épuration des eaux », nous signale que « le procédé de décantation par circulation superficielle d'une nappe d'eau au-dessus d'une masse liquide immobilisée dans des compartiments formant poches à boues n'est pas nouveau, puisqu'il a fait l'objet de brevets pris par lui en 1886 et 1888 et, l'année suivante, d'un rapport du Comité du Génie Civil de la Société Industrielle du Nord de la France. »

Nous insérons volontiers la réclamation de notre Collègue, tout en faisant remarquer que nous n'avons fait, dans la note visée par lui, que reproduire un article paru dans les *Annales des Travaux publics de Belgique*.

Digitized by Google

# COMPTES RENDUS

## SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

### MARS 1907.

**Notice nécrologique** sur M. E. HUET, Président de la Société d'Encouragement, par M. RESAL, Membre du Conseil.

Rapport de M. Ad. CARNOT, sur la **Question de la houille au Sahara**, de M. E.-F. GAUTIER.

M. Gautier s'est proposé de rechercher si la houille existe ou non au sud de l'Algérie et il est allé étudier sur place la constitution géologique de cette vaste région.

Il n'a pas été plus heureux que ses devanciers, et n'a, nulle part, trouvé de trace de charbon, seulement il a traversé une bande de terrains carbonifères d'une très grande largeur entre Figuig et In-Salah ; mais, après étude approfondie, ces terrains sont plus anciens que l'étage dinantien dans lequel on n'a trouvé aucune trace de houille. La question de l'existence de la houille ne peut donc recevoir jusqu'ici qu'une réponse négative.

Rapport de M. Ed. SAUVAGE sur **un mécanisme de commande des appareils à choc**, présenté par M. LUC DENIS.

Il serait impossible de donner, sans l'aide de figures, l'idée de ces dispositions ingénieuses. Nous renverrons donc au Bulletin de la Société d'Encouragement ceux de nos Collègues que la question intéresserait.

**La concurrence américaine**, par M. VIALATTE.

Il n'est donné ici qu'une partie de cet important travail; nous nous en occuperons lorsqu'il aura entièrement paru.

**Notes de chimie,** par M. Jules GARÇON.

Voici les principaux sujets traités ici :

Les industries chimiques en Algérie. — Le poids des petites gouttes. — Ecoulement des liquides par des tubes capillaires. — Industries céramiques. — Sur la rouille du fer. — Le piquage du fer et de l'acier. — Procédé simplifié de galvanoplastie. — Enrichissement des minerais d'argent. — Puissance calorifique des combustibles. — Préparation d'un gaz d'éclairage. — Revue des progrès dans le domaine des huiles essentielles. — Sur la chimie des vernis. — Influence des sels de manganèse dans la formation alcoolique. — La coloration des billes à jouer. — Les bouillies de cuivre.

Digitized by Google

**Notes de mécanique.**

Nous signalerons dans ces notes : la description de la machine soufflante Nordberg; une étude sur les essais de perçage, par MM. Frary et Adams et une sur les installations privées de force motrice dans les villes.

---

## ANNALES DES MINES

---

*12e livraison de 1906.*

Rapport sur **l'Autoloc**, dispositif de blocage automatique et instantané, par M. Resal, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Nous avons parlé de cet appareil dans les Comptes rendus de mars 1907, page 500, à l'occasion de sa description dans les *Annales des Ponts et Chaussées*.

Bulletin des **accidents d'appareils à vapeur** survenus pendant l'année 1905.

Le total des accidents s'est élevé à 29; le nombre des morts a été de 14 et celui des blessés de 33.

Les chaudières non-tubulaires ont donné lieu à 4 accidents avec 1 mort et 1 blessé; les chaudières à tubes à fumée à 11 accidents avec 7 tués et 23 blessés; les chaudières à tubes d'eau ont eu 6 accidents avec 2 tués et 8 blessés, et les réchauffeurs et récipients 8 accidents avec 4 tués et 2 blessés.

Si on examine les accidents au point de vue des causes présumées, on en trouve 11 attribués à des condition défectueuses d'établissement, 8 à des causes défectueuses d'entretien, 13 à un mauvais emploi des appareils, et 5 à des causes non précisées. Le total des causes, 37, est supérieur au nombre des accidents, parce que, dans plusieurs cas, l'accident a pu être attribué à plusieurs causes réunies.

Les accidents de tuyauterie ne rentrent pas dans le cadre habituel des accidents d'appareils à vapeur. On en a ajouté ici deux d'une gravité particulière qui ont entraîné la mort de 6 personnes et des blessures à 4 autres. Dans un de ces cas, les clapets automatiques d'arrêt de vapeur installés sur la tuyauterie n'ont pas fonctionné.

Notes sur **les conditions économiques de l'exploitation du soufre** en Sicile et en Louisiane, par M. L. Aguillon, Inspecteur général des Mines.

Dans ces dernières années, l'exploitation du soufre dans la Louisiane, effectuée dans des conditions nouvelles et particulièrement favorables. est venue menacer la production de la Sicile d'une concurrence sérieuse. Cette dernière, qui représentait jusqu'en 1902 quelque chose comme 91 0/0 de la production mondiale, tombait en 1904 à 67 0/0 et l'expor-

Digitized by Google

tation de Sicile, aux États-Unis, de 176 000 t en 1902 tombait, en 1905, à 70 000. Aussi le Gouvernement italien n'hésitait-il pas à intervenir par des mesures hardies et radicales, qui ont fait l'objet d'une loi du 15 juillet 1906.

Ce sont les conditions nouvelles de l'exploitation en Louisiane, d'une part et, de l'autre, cette loi que l'auteur s'est proposé d'examiner dans cette note.

Nous avons traité la première question dans la Chronique de septembre 1905, page 405, nous croyons donc inutile d'y revenir. Quant à la loi italienne de 1906, elle constitue de droit les propriétaires, possesseurs et exploitants des mines de soufre en un syndicat obligatoire pour une durée de douze années. Ce syndicat a seul qualité pour vendre le soufre; il prend charge de tout le soufre extrait et le vend pour le compte et l'intérêt commun de tous les associés. Des mesures spéciales ont dû être prises pour régler la liquidation du stock énorme qui existait en Sicile et l'exécution des contrats qui avaient pu être passés pour des livraisons futures. Le syndicat est représenté par un Comité de délégués un Conseil d'administration et un Directeur général. La Banque de Sicile doit faire à la Commission provisoire, établie tout d'abord, les avances de fonds nécessaires et fait gratuitement le service de caisse.

Il semble que cette loi, dont nous n'avons fait qu'indiquer les points les plus essentiels et qui n'a rien d'analogue dans la législation d'aucun autre pays, est plutôt destinée à effectuer un assainissement temporaire, nécessité par des circonstances occasionnelles, qu'a créer une organisation définitive. La crise passée, on sera sans doute heureux de revenir au régime de la liberté industrielle et des libres initiatives industrielles. Le principe de la loi admis, on ne peut, dit l'auteur de cette note, qu'admirer l'ingéniosité des dispositions adoptées pour atteindre le but que l'on visait.

---

## SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

---

### Avril 1907.

### District de Saint-Etienne.

*Réunion du 9 mars 1907.*

Communication de M. Saconnay, sur **quelques fours électriques à acier.**

L'auteur fait une courte description des fours Stassano, Héroult et Girod et donne quelques renseignements sur diverses coulées faites à chacun d'eux en sa présence. Les conclusions qu'il tire de cet examen comparatif sont que les aciers fabriqués par voie électrique possèdent, au point de vue chimique, une composition remarquablement pure, comparable à celle des meilleurs aciers au creuset, bien qu'obtenus



Digitized by Google

avec des matières premières absolument quelconques et d'une façon beaucoup plus économique. Au point de vue physique, ces aciers semblent, à composition identique, se comporter beaucoup mieux au forgeage, à la trempe, aux essais mécaniques et à l'usage que les aciers fabriqués de la manière ordinaire.

Le four Girod paraît être celui qui offre le plus d'avantages au point de vue de l'économie et de la facilité du travail.

## District de Paris.

*Réunion du 21 mars 1907.*

Communication de M. Morsant sur **la lampe de sûreté employée à Liévin en 1907.**

L'étude des circonstances dans lesquelles s'est produit l'accident de Liévin, le 28 janvier 1907, peut mettre en cause la lampe du porion en exploration; l'examen attentif de cette lampe, de ses organes et de leur disposition présente donc un grand intérêt. C'est elle qui fait l'objet de cette communication.

Nous nous bornerons à indiquer que les considérations et constatations qui s'y trouvent contenues laissent à M. Morsant la conviction que la lampe de Liévin a été mise en défaut par une explosion dans la lampe, qui a poussé la flamme au dehors. Cette explosion a été déterminée, la lampe étant remplie du mélange explosif ambiant, par un rallumage qu'on peut considérer comme ayant été certainement effectué par le porion dans la circonstance.

Cette communication a donné lieu à une intéressante discussion, dans laquelle on a signalé le danger que présentent certains procédés de rallumage et la possibilité d'attribuer l'accident de Liévin, non pas au fait du rallumage qui est peut être simplement hypothétique lui-même, mais à celui de la présence de fragments de matière fulminante adhérente à la cuirasse et enflammés par un choc. Il peut être opportun de renoncer aux compositions à base de fulminate et de les remplacer par des pâtes phosphorées ou tel autre mélange à rechercher, ne produisant pas les crachements auxquels sont sujets les composés fulminants.

Communication de M. Frochot, sur **le sud de l'Angola.**

Cette région est située entre le 15e degré de latitude sud et la colonie allemande de Damaraland. L'auteur étudie la géologie du pays et signale la présence du diamant et de filons de quartz contenant les uns de l'or, les autres du cuivre et du plomb; il croit que cette région est appelée à un grand avenir si on lui fournit les moyens d'exploitation nécessaires.

---

Digitized by Google

## SOCIETÉ DES INGENIEURS ALLEMANDS

### N° 13. — *30 mars 1907*.

Nouvelles locomotives du London and North Western Railway, par Ch. S. Lake.

Construction des armes à feu dans l'ancien temps et aujourd'hui, par W. Traptow *(fin)*.

Installations mécaniques dans les usines métallurgiques, par Fr. Frölich *(suite)*.

Les machines de l'industrie textile dans les récentes expositions, par G. Rohn *(suite)*.

Le nouveau laboratoire de mécanique du Technicum d'Ilmenau, par G. Schmidt.

Expériences sur le béton armé, par C. Bach.

*Groupe de Hanovre*. — Freins à air pour trains rapides.

*Bibliographie*. — La mécanique industrielle par F. Wittenbauer. — Manuel de Physique, par H. A. Lorentz. — La locomotive actuelle, par M. Demoulin. — Vienne au début du xx$^e$ siècle, par P. Kortz.

*Revue*. — Bateaux automobiles. — Nouvelle usine de la Lackawanna Steel Company. — Les forces motrices du Brusio.

### N° 14. — *6 avril 1907*.

Le combustible liquide et son emploi dans les moteurs à combustion intense, et en particulier dans les moteurs Diesel, par K. Kutzbach.

Les gares de chemins de fer aux États-Unis, par E. Giese et Blum *(suite)*.

Équations et diagrammes du fonctionnement des gazogènes, par R. Mollier.

*Exposition Germano-Bohême à Reichenberg en 1906*. — Machines-outils et autres, par Th. Demuth *(fin)*.

Les nouveaux hauts fourneaux de la Compagnie des aciéries de l'Illinois à Joliet, par Fr. Frölich.

Rendement des pompes centrifuges et des ventilateurs, par W. Grun.

*Groupe de Siegen*. — Les stations électriques municipales et l'emploi de l'énergie électrique pour l'industrie dans le Pays de Siegen.

*Bibliographie*. — Les appareils de levage, par C. Bessel. — Manuel des sciences de l'Ingénieur. Les constructions hydrauliques. — Recherches expérimentales en mécanique agricole, par Fr. Giordano (ouvrage italien).

*Revue*. — Machine à essayer, par H. Riall Sankey. — Pompe d'épuisement à commande électrique de la Société Berlinoise précédemment L. Schwartzkopff. — Le dirigeable *Patrie*. — Wagons pour transport de rails de 40 t. — Machine soufflante horizontale pour aciéries. — Introduction de la traction électrique sur les chemins de fer suédois.

Digitized by Google

N° 15. — *13 avril 1907.*

Les voitures électriques à l'Exposition d'automobilisme à Berlin, en 1906, par K. Meyer.

Les machines-outils à l'Exposition bavaroise du Jubilé à Nuremberg, en 1906, par G. Schlesinger *(suite).*

Gares de chemins de fer aux États-Unis, par E. Giese et Blum *(fin).*

Le combustible liquide et son emploi dans les moteurs à combustion interne et en particulier dans les moteurs Diesel, par K. Kutzbach *(fin).*

État actuel de la théorie des hélices propulsives, par L. Gumbel.

Sur le même sujet, par H. Lorenz.

*Bibliographie.* — Les locomotives du monde, par Ch. S. Lake (ouvrage anglais). — Étude dynamique des machines et particulièrement des appareils de levage, par C. Pfléiderer. — Patentes allemandes au point de vue de l'industrie chimique, par J. Ephraim.

*Revue.* — Le pont sur l'Argen. — Presse pour la confection des baignoires. — Les automobiles pour voies ferrées en Angleterre. — Emploi de l'alcool dans les automobiles. — Surélévation du barrage d'Assouan.

N° 16. — *20 avril 1907.*

Ordre du jour de la 48e Assemblée générale de l'Association des Ingénieurs allemands à Coblence, en 1907.

Expériences sur une turbine à vapeur Riedler-Stumpf de 2 000 ch, par F. Rötscher.

Expériences sur l'emploi de l'huile de goudron dans les moteurs Diesel, par P. Rieppel.

Les machines-outils à l'Exposition bavaroise du Jubilé à Nuremberg en 1906, par G. Schlesinger *(fin).*

Frais d'installation et de service des ascenseurs Paternoster et des ascenseurs ordinaires, par Ad. von Ernst.

*Groupe de Wurtemberg.* — La télégraphie sans fil. — Nouveau procédé pour le jaugeage des cours d'eau.

*Bibliographie.* — Introduction à l'électrotechnique, par A. Zeemann. — Manuel d'électrotechnique, par K. Strecker. — Technique des courants alternatifs, par E. Arnold.

*Revue.* — Transmission par courroies système Lenix. — Croiseur cuirassé anglais *Invincible.* — Services automobiles en Bavière. — Exposition de la construction navale allemande à Berlin. — Nouveaux chemins de fer de montagne dans le voisinage d'Interlaken.

*Pour la Chronique et les Comptes rendus :*

A. **Mallet.**

---

Digitized by Google

# BIBLIOGRAPHIE

## I<sup>re</sup> SECTION

**Commission du ciment armé : Expériences, rapports et propositions, instructions ministérielles relatives à l'emploi du béton armé** (1).

La Commission du ciment armé a été créée par un arrêté ministériel du 19 décembre 1900. Sa première sous-commission, présidée par M. Rabut, était chargée de faire le programme des épreuves qu'on devait faire subir aux ouvrages en ciment armé provenant de l'Exposition de 1900. Les procès-verbaux des essais faits forment la première partie de ce volume.

La deuxième sous-commission, présidée par M. Considère, avait pour attributions l'étude des questions suivantes :

1° Limites de travail à la traction et à la compression qu'on peut demander avec sécurité au béton de ciment armé ; 2° justification à produire dans les projets pour démontrer que les différentes parties des ouvrages satisfont aux limites de travail dites de sécurité ; 3° conditions des épreuves, délai entre l'achèvement des ouvrages et les épreuves, durée des épreuves, nature des résultats à constater. De nombreux essais ont été faits sous la direction de M. Mesnager, au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées ; les procés-verbaux de ces essais forment la seconde partie de ce volume.

La troisième sous-commission, présidée par M. Bechmann, avait pour mission d'étudier les questions relatives : 1° à la provenance et aux qualités du ciment, du sable et du gravier, aux épreuves préalables destinées à justifier la qualité du ciment, au dosage des matières, à la proportion d'eau employée, aux procédés de mélange, etc. ; 2° aux qualités de l'armature ; 3° aux limites pratiques du pourcentage ; ces travaux sont compris dans la troisième partie.

Le 19 janvier 1906, la Commission adressait au Ministre des Travaux publics un projet de circulaire et de règlement des constructions en béton de ciment armé et un projet de règlement des constructions en ciment armé.

Un projet nouveau après quelques amendements a été admis par M. le Ministre des Travaux publics. Ces documents achèvent le présent ouvrage, dans lequel les Ingénieurs trouveront de nombreux renseignements pour les guider dans l'étude des constructions en béton armé.

(1) In-4°, 315 × 225 de 481 p. avec nombreuses figures et 8 pl. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. Prix broché, 27,50 f.



Digitized by Google

**Les conditions d'irrigation rationnelle,** par Jules GREVAT, Membre correspondant de la Société Nationale d'Agriculture de France (1).

Dans son travail l'auteur a étudié les lois qui régissent le ruissellement et l'infiltration des nappes d'arrosage.

Les conclusions, ainsi que les tables numériques auxquelles il arrive, seront utiles aux Ingénieurs qui ont à fixer soit le débit d'un canal d'irrigation en projet, soit celui de ses dernières ramifications.

Elles pourront également servir aux agriculteurs qui ont à aménager leurs terrains, de façon à tirer le meilleur parti possible des volumes d'eau d'irrigation dont ils disposent.

---

**La vie et les travaux de Jean-Rodolphe Perronet,** *Premier Ingénieur des Ponts et Chaussées, créateur de l'École des Ponts et Chaussées,* par M. DE DARTEIN, *Inspecteur Général des Ponts et Chaussées en retraite,* brochure in-octavo de 87 pages, chez E. Bernard, éditeur.

L'Ingénieur Perronet, dont M. de Dartein étudie la vie (1708-1794) et l'œuvre dans un intéressant travail, dont il fait hommage à la Société, a été, comme on le sait, l'auteur des ponts de Neuilly, de Pont-Sainte-Maxence et de la Concorde et le créateur de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

Orphelin sans fortune, Perronet entra à dix-sept ans dans les bureaux d'un Architecte de la Ville de Paris. Les Architectes de ce temps-là remplissaient aussi l'office d'Ingénieur : le débutant, tout en étudiant l'architecture, eut surtout à conduire des travaux publics.

Il fut admis, en 1735, dans le corps des Ponts et Chaussées comme Sous-Ingénieur de la Généralité d'Alençon, où, deux ans après, il remplaça comme Ingénieur son chef immédiat. Pendant dix années, il fit remarquer son zèle et ses talents dans la construction et l'entretien des routes, le levé et la mise au net des plans de routes de la Généralité, la reconstruction de l'église incendiée de Notre-Dame d'Alençon.

L'intendant des finances Trudaine, chargé de la direction des Ponts et Chaussées du royaume, qui attachait la plus haute importance aux voies de communication encore si insuffisantes et spécialement donnait ses soins à l'établissement des plans et des cartes routières, avait remarqué les résultats obtenus par Perronet et l'avait encouragé en lui accordant de plus grands moyens d'action.

Trudaine organisa, en 1747, un bureau central de dessinateurs à Paris. Il y appela Perronet, alors âgé de trente-neuf ans, et lui confia la conduite et l'inspection des géographes et dessinateurs des plans et cartes, ainsi que celles des travaux des Ponts et Chaussées, soit dans la Généralité de Paris, de concert avec les Inspecteurs Généraux, soit dans les autres Généralités avec le concours des Ingénieurs.

La brillante carrière du « Premier Ingénieur » est exposée par l'au-

(1) In-8°, 240 × 155 de 39 p., Paris, Ch. Béranger, 1907. Prix broché, 2 f.

Digitized by Google

teur, d'après les archives, en quatre chapitres, qui traitent des « travaux de ponts, des travaux hydrauliques, des rapports, écrits et inventions, de la fondation et de la direction de l'École des Ponts et Chaussées, enfin de l'action de Perronet sur le corps des Ponts et Chaussés et sa participation à sa direction ».

On trouvera dans cette excellente étude de très intéressants renseignements sur l'État des travaux publics, sur l'organisation du corps des Ingénieurs au XVIIIe siècle ; on y lira l'appréciation si autorisée des principes nouveaux introduits par Perronet dans la construction des ponts, en même temps que le récit très vivant de l'opposition acharnée qu'ont rencontrée pendant longtemps des idées aujourd'hui admises et pratiquées d'une façon générale ; on y verra aussi les témoignages de respectueuse amitié, de reconnaissance émue et même d'admiration que lui ont accordés ses Confrères, pendant qu'il luttait contre l'envie et l'ignorance, et aussi ceux qui lui ont été prodigués après sa mort comme sanction des bienfaits de sa noble carrière.

A. Brull.

---

## IIIe SECTION

**Procédés mécaniques et tours de mains,** par M. Robert Grimshaw (1).

C'est un ouvrage très intéressant à parcourir, où sont réunies de curieuses observations sur les moyens employés, par d'ingénieux artisans.

L'intelligence des Ingénieurs, des chefs d'ateliers, des bons ouvriers, imagine souvent des solutions très élégantes pour vaincre des difficultés qui semblent toutes spéciales, réservées aux conditions mêmes où elles ont surgi.

C'est rendre un très grand service que de les faire connaître. Les mêmes problèmes se présentent fréquemment pour ceux qui utilisent les machines-outils dont les organes essentiels sont peu nombreux, si la variété de leurs combinaisons est grande.

En outre, un remède qui semble, à l'inventeur, ne s'appliquer qu'à la difficulté même qu'il a rencontrée, peut faire naître, dans d'autres esprits, des idées plus générales et c'est ainsi que l'ouvrage de M. Grimshaw peut être l'origine de perfectionnements importants de l'outillage.

Dans les procédés et tours de mains qu'il signale, ce qui se rencontre le plus fréquemment, c'est l'emploi d'une machine-outil à des travaux auxquels elle n'est pas destinée, tel que pour exécuter avec précision un travail avec un outil banal, ou pour travailler de trop grandes pièces, ou pour utiliser une machine à la place d'une machine différente qui fait défaut.

(1) In-8°, 225×145, de 377 p. avec 593 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1907. Prix : broché, 10 f.

Digitized by Google

Il indique, par exemple, les moyens de fileter une tige, à n'importe quel pas, avec un tour ordinaire, de tourner des billes en bois, ou des pièces de forme irrégulière.

D'autres procédés sont signalés pour ménager les outils, éviter les accidents, y remédier ; ainsi que différentes recettes pour la fonderie, la trempe, la cémentation.

Jules DESCHAMPS.

---

## IVe SECTION

**Traité théorique et pratique des explosifs,** par M. F. HEISE, professeur à l'Académie Royale des Mines de Berlin. Traduit de l'allemand et adapté par J. AUBRUN, Ingénieur au Corps des Mines (1).

L'Ingénieur allemand M. Heise est bien connu dans le monde des mines. Professeur à l'Académie Royale des Mines de Berlin, Directeur de l'École des Mines de Bochum, il a été également Directeur de la station d'essais de Schalke, en Westphalie.

Les travaux qu'il a conduits, à cette station, sur les explosifs de sûreté, le grisou et les poussières charbonneuses lui assurent une compétence spéciale pour traiter un aussi important sujet; aussi est-il des plus qualifiés pour exposer des vues théoriques personnelles et fournir des indications pratiques.

Ses études nous intéressent d'autant plus, qu'il prend comme point de départ les expériences des savants français Mallard et Le Chatelier. Il convient de citer, entre autres points intéressants, ses remarques sur l'influence de la pression de l'air pour enflammer le grisou et les poussières de charbon; puis ses recherches sur la *brisance*, quoiqu'on puisse critiquer l'estimation qu'il fait du pouvoir brisant à la bombe de plomb de Trauzl.

M. Heise conseille de choisir les explosifs de sûreté de préférence parmi ceux qui produisent, en détonant, des gaz combustibles et ne donnent pas un excès d'oxygène. Un semblable choix est justifié dans beaucoup de cas, mais ne doit pas être généralisé, car on ne connaît jamais exactement le mode de décomposition des explosifs en mines bourrées; aussi toute théorie basée sur la formule de la décomposition complète en acide carbonique est-elle inexacte.

On sait, en effet, que dans la pratique les explosifs à base de nitroglycérine, par exemple, fournissent en détonant de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et même des vapeurs de nitroglycérine.

Il faut dire d'ailleurs que cette théorie, émise par M. Heise, est très discutée. Ainsi tandis que la Commission française interdit d'employer, comme explosifs de sûreté, ceux qui, d'après l'équation de réactions théoriques, donnent des gaz combustibles, les professeurs allemands,

(1) In-8°, 220 × 135 de VIII-295 p. avec 146 fig. Paris et Liége, Ch. Béranger, 1907. Prix relié : 12 f.

Digitized by Google

au contraire, attribuent la sécurité relative des *carbonites* au fait qu'elles donnent en détonant de grandes quantités de gaz combustibles, CO et H, et que, par suite, les flammes produites s'éteignent par manque d'oxygène.

En réalité, tous les explosifs détonant en mines bourrées dégagent des gaz combustibles, et ces théories contradictoires conduisent à la conclusion qu'il n'existe pas encore de formule générale précise pour définir un explosif de sûreté.

Bien plus, et en ce qui concerne le danger des explosifs dans les mines grisouteuses, il faut conclure avec M. Heise qu'un explosif même brisant « *bien placé et bien bourré peut être tiré sans danger dans un mélange grisouteux* ».

Le livre de M. Heise présente pour le lecteur français l'avantage de lui faire connaître tous les explosifs employés en Allemagne et en Autriche. Parmi les divers explosifs de sûreté, M. Heise semble donner la préférence à la *carbonite;* malheureusement cet explosif n'est pas connu en France, les rigueurs de notre législation ne permettant pas aux fabricants de dynamite de sortir des limites par trop étroites de la loi de 1875.

L'ouvrage de M. Heise se termine par une étude du tirage des mines par l'électricité. C'est en France que ce procédé s'est le plus rapidement vulgarisé; mais nous avons abandonné depuis longtemps les amorces à étincelles et les exploseurs électrostatiques et d'induction (appareils de Bornhardt, Ebner, Nobel, Abbeg, Mowbray, etc.) aussi bien que les exploseurs magnéto-électriques à déplacement brusque du champ magnétique (appareils de Bréguet, Scola, Marcus, etc.).

On n'emploie plus, dans les mines françaises, que les amorces à fil et des exploseurs magnétos ou dynamos qui, sous un très petit volume, suffisent dans tous les cas du minage courant.

En résumé, la littérature des explosifs s'est enrichie d'un nouveau livre que recommandent l'autorité de son auteur et l'élégance d'une traduction de lecture facile et intéressante.

P. Chalon.

---

**Recherches minières,** par Félix Colomer, Ingénieur civil des Mines. — Deuxième édition (1).

La deuxième édition de ce guide pratique, signalé dans la Bibliographie de 1902, est complétée par une série de chapitres annexés en supplément au volume primitif. Dans ce *supplément*, M. Colomer indique toutes les applications et données nouvelles de la recherche des mines. Il convient de signaler en particulier le chapitre relatif à l'organisation d'une équipe de prospection qui mérite d'être lu avec attention par tous ceux qu'intéresse cette forme importante de recherches minières.

G. B.

(1) In-8°, 225 × 140 de VIII-311 p. avec 122 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. Prix : broché, 8,50 f.

Digitized by Google

## Ve SECTION

**L'année technique 1905**, par M. Da Cunha, Ingénieur des Arts et Manufactures avec préface de M. A. Dastre, membre de l'Institut (1).

L'année technique 1905 continue l'intéressante série d'études inaugurée, il y a quatre ans, par M. Da Cunha. Ce volume offre le tableau des principales applications de la science au cours de l'année 1905. C'est, dans le domaine des arts industriels les plus importants, une sorte de revue des progrès accomplis sous nos yeux.

L'ouvrage est divisé en quatre chapitres :

Le premier est consacré aux nouveautés en construction et en architecture. On y lira des renseignements extrêmement intéressants sur le nouveau pont suspendu de Willamsbourg qui réunit New-York à Brooklyn à travers l'East River ; des informations relatives aux grands barrages de Barossa en Australie et d'Ithaca aux États-Unis; des descriptions de perfectionnements récemment adoptés pour permettre le transbordement des voyageurs, ou le transport des charges, et, plus près de nous, la description de l'outillage que les Parisiens ont vu fonctionner sous leurs yeux pour la construction du métropolitain. Enfin, le lecteur sera intéressé par les résultats de ces concours établis entre les architectes pour la construction de plus en plus artistique des façades sur rue.

Dans le deuxième chapitre, qui traite de la technologie générale, le lecteur trouvera des renseignements intéressants sur l'utilisation des rayons X et les propriétés du radium; sur la chronophotographie des mouvements ultra-rapides et des mouvements très lents; sur la photographie astronomique.

Les chapitres III et IV consacrés aux moyens de transport et plus particulièrement aux chemins de fer passent en revue tout ce qui s'est produit d'intéressant dans cet ordre d'idées. Nous citerons ce qui a trait aux chemins de fer de la Jungfrau et du Mont-Blanc, et aux lignes transpyrénéennes.

En résumé le volume de 1905 avec ceux qui précèdent et ceux qui suivront formera une collection précieuse pour l'histoire des transformations de la vie matérielle moderne.

---

**Céruse et blanc de zinc**, par G. Petit, Ingénieur civil (2).

L'ouvrage rappelle et résume d'abord les notions fondamentales de la peinture à l'huile et passe en revue rapidement les qualités nécessaires d'une bonne peinture et les moyens de les obtenir.

L'auteur aborde ensuite la fabrication du blanc de céruse en poudre et en pâte, énumérant les qualités et les défauts de ces produits au point de vue industriel, puis traite des dangers courus plus encore par

(1) In-8°, 285 × 190 de VIII-232 p, avec 106 figures. Paris, Gauthier-Villars, 1905. Prix : broché, 3,50 f.

(2) In-8°, 190 × 120 de 154 p. Paris, Gauthier-Villars; G. Masson, 1907. Prix broché : 2,50 f.

Digitized by Google

ceux qui les emploient que par ceux qui les préparent, et des moyens d'éviter ou plutôt d'atténuer le saturnisme qui frappe les deux catégories d'ouvriers.

Le blanc de zinc fait ensuite l'objet d'une monographie analogue comprenant l'étude de sa préparation également en poudre et en pâte et la comparaison des avantages et des inconvénients actuels qu'offre la peinture à la céruse d'une part, au blanc de zinc d'autre part.

La conclusion pratique qu'on peut tirer du livre est fort intéressante. Si on peut dire, en effet, d'un côté que, quoi qu'on fasse, le saturnisme est à peu près inévitable, avec la céruse, d'un autre côté, l'auteur affirmant que par une préparation simple, judicieusement faite de l'huile servant à la fabrication de la pâte de blanc de zinc, on peut obtenir une véritable combinaison analogue à celle que fournit la céruse avec l'huile naturelle et, par suite, une peinture réunissant les qualités de la céruse à celles du blanc de zinc, il n'y aurait plus à regretter, à aucun point de vue, la suppression définitive de la pernicieuse céruse dans la peinture industrielle.

Ch. GALLOIS.

---

**Commutatrice et transformateurs électriques tournants,** par M. J. PARAF, Ingénieur à la Compagnie Française Thomson-Houston (1).

Cet ouvrage, qui constitue surtout une monographie de la commutatrice, est appelé à fournir tant aux constructeurs qu'aux exploitants, l'ensemble des notions théoriques et pratiques relatives à cette importante machine transformatrice. Dans les différents chapitres, l'auteur traite successivement des conditions et des particularités de fonctionnement des commutatrices, de leur montage, mise en marche et association, de leur calcul et de leur construction. Il signale également les utilisations diverses auxquelles se prêtent ces convertisseurs, qui permettent de réaliser, sous la forme la plus simple, la liaison entre un réseau à courant continu et un réseau à courants alternatifs.

Le dernier chapitre du volume est consacré aux transformateurs tournants autres que les commutatrices, et décrit, en examinant leurs avantages et leurs défauts comparés, les groupes moteur-générateur, les permutatrices, les redresseurs.

---

**Au Feu!** par M. MAX DE NANSOUTY (2).

Ce volume est un ouvrage de vulgarisation sur le feu, la chaleur, la lumière, leurs applications, leurs dangers et la manière de les combattre.

Dans la première partie, qui traite de l'éclairage et du chauffage à la maison, l'auteur, après quelques considérations générales sur le feu et l'examen des conditions dans lesquelles le feu peut se déclarer, passe en revue les divers modes d'éclairage et de chauffage, leur installation et les accidents pouvant se produire.

(1) In-8°, 190 × 120 de 194 p. avec 58 fig. Paris, Gauthier-Villars. Masson et Cie, 1907. Prix : broché, 2,50 f.

(2) In-8°, 180 × 120 de 190 p., avec illustrations. Paris, J. Dumoulin et Cie, 1907. Prix : broché, 3 f.

Digitized by Google

La deuxième partie est consacrée aux premiers secours. Avec des exemples bien choisis l'auteur expose les moyens pratiques de combattre utilement les commencements d'incendie et montre que le commandant Raincourt des sapeurs-pompiers de Paris avait raison de prétendre que « l'art de prévenir les incendies est peut-être supérieur à celui de les éteindre ».

Enfin, dans la troisième partie, l'auteur traite du feu à la campagne et des accidents spéciaux.

En résumé, ce *Manuel*, qui n'a aucune prétention scientifique ou technique, est très intéressant à lire, peut rendre des services à ceux qui le consulteront en leur remettant en mémoire certaines règles élémentaires de sécurité et permettant d'éviter un certain nombre d'accidents évitables.

---

**Les huiles et les graisses d'origine animale**, par M. Fritsch, Ingénieur-chimiste (1).

L'ouvrage marque un nouveau progrès dans la connaissance si difficile de tant de produits à la fois si divers et si analogues, et de leur mélange en nombre infini, qui représentent le chaos même pour le spécialiste intéressé.

Les analogies des huiles et des graisses animales sont, comme on sait, la source d'innombrables fraudes, qui, conservant à un mélange l'apparence d'un produit pur, font disparaître dans ce produit les caractéristiques recherchées qui lui attribuent une application déterminée.

Après une revue et un examen fort intéressant des diverses huiles et graisses animales, aux points de vue de leur origine et de leur extraction, on passe aux procédés divers de fabrication des suifs, des graisses et des dégras, succédanés dont l'importance est connue dans l'industrie du cuir.

Le livre se clôt par un exposé des méthodes de reconnaissance et d'analyse des matières grasses et de leurs mélanges ordinaires, en les soumettant d'abord à un examen de leurs caractères physiques, quelquefois très peu distincts d'un corps à l'autre, tels que la couleur, l'odeur, la densité, le point de fusion, les conditions et les formes de la congélation.

Puis vient l'examen chimique qui fait intervenir la saponification qui isole les parties saponifiantes de celles qui ne le sont pas, la détermination des acides libres et de l'indice d'iode et les réactions diversement colorées des acides minéraux.

Tous ces exposés, appuyés de nombreux tableaux et de chiffres précis, mettent à même les intéressés de connaître le produit qu'ils ont entre les mains et de fixer sa valeur réelle et les services qu'ils peuvent attendre de son emploi.

(1) In-8°, 225 × 140 de 407 p, avec 23 fig. Paris, H. Desforges, 1907. Prix : broché, 10 f.

*Le Secrétaire Administratif, Gérant,*
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS — 7632-4-07. — (Encre Lorilleux).

Digitized by Google

MÉMOIRES
ET
# COMPTE RENDU DES TRAVAUX
DE LA
SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

# BULLETIN
DE
MAI 1907

N° 5.

## OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mai 1907, la Société a reçu les ouvrages suivants :

### Agriculture.

DIÉNERT (F.). RENARD (Dr P.). — *Hydrologie agricole*, par Frédéric Diénert. Introduction, par le Dr P. Renard (Encyclopédie agricole publiée sous la direction de G. Wery) (in-18, 185 × 120 de XII-450 p., avec 3 cartes et 131 fig.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1907. (Don des éditeurs.) 44910

HATT (W.-K.). — *Report of Committee Q on Standard Specifications for the Grading of Structural Timber*, by W.-K. Hatt (Authorized Reprint from the Copyrighted Proceedings of the American Society for Testing Materials. Philadelphia, Penna. Volume VI, 1906, pages 129 à 133 avec pl. III à V). (Don de l'auteur.) 44900

NOURISSÉ (R). — *Les divers procédés de conservation des œufs*, par Raymond Nourissé (in-8°, 225 × 140 de 31 p.). Paris, Société d'Éditions techniques, 1907. (Don de l'éditeur.) 44902

RAZOUS (P). — *La conservation du lait, du beurre et du fromage, suivie d'une Étude sur l'utilisation des sous-produits de l'industrie laitière*, par Paul Razous (in-8°, 250 × 165 de 93 p.). Paris, Société d'Éditions techniques, 1907. (Don de l'éditeur.) 44903



Digitized by Google

*Revenue Report of the Government of Bengal, Public Works Department, Irrigation Branch, for the Year 1905-1906* (in-4°, 335 × 205 de II-84 p.). Calcutta, The Bengal Secretariat Press, 1907. 44884

## Astronomie et Météorologie.

Guillén-Garcia (D.-G.-J.). — *Empleo de las Ondas Hertzianas para la investigación de las tormentas lejanas y como auxiliar para la previsión del tiempo tormentoso*, por el'Académico D. Guillermo J. de Guillén-Garcia (Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Tercera época. Vol. VI. Núm. 10. Publicada en Abril de 1907) (in-4°, 300 × 230 de 23 p. avec 1 pl.). Barcelona, A. López Robert, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44887

## Chemins de fer et Tramways.

Herdner (A.). — *Efforts de traction, double traction et coup de frein*, par M. A. Herdner (in-4°, 315 × 220 de 15 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44899

Lambert (H.). — *Monographies des grands réseaux des chemins de fer français*, par Henri Lambert. *Réseau de l'Est. Précis historique, statistique et financier* (in-8°, 210 × 140 de IX-196 p. avec 1 carte). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44872

Wilgus (W.-J.). — *New-York Central and Hudson River R. R. Standard Specifications.* Prepared under the direction of William J. Wilgus, Vice-President (album 200 × 335). (Don de l'auteur.) 44889

Wilgus (W.-J.). — *New-York Central and Hudson River R. R. Standard Plans.* Prepared under the direction of William J. Wilgus, Vice-President (album 200 × 335). (Don de l'auteur.) 44890

## Chimie.

Fribourg (Ch.). Pellet (H.). — *L'analyse chimique en sucreries et raffineries de cannes et betteraves*, par Charles Fribourg. Préface de Henri Pellet (in-8°, 255 × 165 de XI-391 p., avec 51 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44893

Fritsch (J.). — *Fabrication des colles et gélatines*, par J. Fritsch (in-18, 190 × 130 de 212 p., avec 6 fig.). Paris, H. Desforges, 1907. (Don de l'éditeur.) 44894

## Construction des Machines

Brunelli (P.-E.). — *Nuovo abbaco per lo studio della distribuzione nelle macchine a vapore*, per P.-E. Brunelli (Rivista marittima. Estratto dal fascicolo di marzo 1907) (in-8°, 233 × 165 de 14 p., avec 3 fig. et 2 pl.). Roma, Officina poligrafica italiana, 1907. (Don de l'auteur.) 44879

Champly (R.). — *Étude sur l'emploi des courroies dans les voitures automobiles*, par René Champly (in-8°, 255 × 160 de 141 p., avec 48 fig.). Paris, Dunod et Pinat, 1907. (Don des éditeurs). 44895

Digitized by Google

### Économie politique et sociale.

*Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Année 1907. N° 19* (in-8°, 245 × 160 de 116 p., avec 65 fig.). Paris, Au siège de l'Association, 1907. 44901

### Électricité.

MONIER (E.). BRANLY (Dr E.). — *La télégraphie sans fil et la télémécanique à la portée de tout le monde*, par E. Monier. Préface du Dr E. Branly (in-8°, 185 × 120 de 142 p., avec 14 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44898

### Enseignement.

*École spéciale d'architecture. Concours de sortie de 1907. 1re épreuve, projet : Un hôtel de touristes en Suisse* (une feuille, 270 × 220 de 4 p.). Paris, Delalain. 44896

### Législation.

FLAMAND (CH.). — *La législation du travail applicable dans les ateliers et sur les chantiers du bâtiment et des travaux publics*, par Me Charles Flamand (in-8°, 225 × 140 de 104 p.). Paris, Société d'Éditions techniques, 1907. (Don de l'éditeur.) 44904

*Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Liste des Membres. Année 1907* (in-8°, 195 × 130 de 93 p.). Bruxelles, L'Imprimerie nouvelle, 1907. 44906

*Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. Annuaire des Sociétaires au 28 février 1907* (in-8°, 215 × 135 de 428 p., avec 1 graphique). Paris, Imprimerie Chaix, 1907. 44886

*Société Internationale des Électriciens. Annuaire pour 1907.* (Supplément au Bulletin mensuel n° 64, 2e série, avril 1907) (in-8°, 270 × 180 de 128 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. 44881

### Médecine, Hygiène, Sauvetage.

FROIS (M.) ET RAZOUS (P.). — *Pratique de l'hygiène industrielle*, par Marcel Frois et Paul Razous (in-8°, 250 × 165 de 215 p.). Paris, Société d'Éditions techniques, 1907. (Don de l'éditeur.) 44905

### Métallurgie et Mines.

BRUYSSEL (F. VAN). — *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. La sidérurgie canadienne.* Conférence faite à la Société le mardi 5 mars 1907, par M. Ferdinand van Bruyssel (in-8°, 240 × 160 de 39 p.). Bruxelles, Imprimerie A. Lesigne, 1907. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels.) 44907

GUILLET (L.). — *Le moulage mécanique des pièces de fonderie*, par Léon Guillet (Extrait du journal « Le Génie Civil ») (in-8°, 240 × 160 de 38 p., avec 39 fig.). Paris, Publications du journal « Le Génie Civil », 1906. (Don de MM. Ph. Bonvillain et E. Ronceray, M. de la S.) 44888

Digitized by Google

Levat (D.). — *Notice géologique et minière sur le bassin cuprifère du Kouilou Niari (Congo français)*, par M. D. Levat (Extrait des Annales des Mines, livraison de janvier 1907) (in-8°, 225 × 140 de 63 p., avec 4 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44882

**Navigation aérienne, intérieure et maritime.**

*Memoria que manifiesta el estado y progreso de las Obras de mejora de la Ria y Puerto de Bilbao, y cuenta de ingresos y gastos durante el ano de 1906* (Junta de Obras del Puerto de Bilbao) (in-4°, 270 × 205 de 73 p., avec 1 pl.). Bilbao, Imprenta y litografia de Emeterio Verdes y Achirica, 1907. 44908

*Société anonyme du Canal et des installations maritimes de Bruxelles. Dixième exercice social. Année 1906. Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale du 11 mai 1907* (in-4°, 300 × 235 de 77 p., avec 2 pl.). Bruxelles, Imprimerie Xavier Havermans, 1907. 44880

**Physique.**

Bouvier (A.). — *Fours à gaz et combustion des gaz. Mémento pour les calculs de combustion*, par Adolphe Bouvier (Extrait du Compte rendu du trente-troisième Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz en France, tenu à Paris les 19, 20, 21 et 22 juin 1906) (in-8°, 240 × 160 de 32 p.). Paris, P. Mouillot, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44897

Chwolson (O.-D). Davaux (E.). Cosserat (E.) et Cosserat (F.). — *Traité de Physique* de O.-D. Chwolson. Ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande, par E. Davaux. Édition revue et considérablement augmentée par l'auteur, suivie de Notes sur la physique théorique, par E. Cosserat et F. Cosserat. *Tome premier. Second fascicule: L'état gazeux des corps. Troisième fascicule: L'état liquide et l'état solide des corps. Tome deuxième. Second fascicule: L'indice de réfraction. Dispersion et transformations de l'énergie rayonnante* (3 vol. in-8°, 250 × 165 de v-151 p., avec 60 fig., de vii-311 p., avec 136 fig., et de viii-229 p. avec 157 fig.). Paris, A. Hermann, 1906-1907. (Don de l'éditeur.) 44870, 44871 et 44885

**Sciences mathématiques.**

Beghin (A.). — *Règle à calculs. Instruction. Applications numériques. Tables et formules*, par A. Beghin, 4e édition revue et très augmentée (in-8°, 255 × 165 de 146 p., avec 155 fig.). Paris, Ch. Béranger; Tavernier-Gravet, 1907. (Don de l'auteur.) 44877

**Technologie générale.**

*Annual Report of the Board of Regents of the Smitsonian Institution. Showing the Operations. Expenditures and Condition of the Institution for the Year ending June 30, 1905* (in-8°, 230 × 145 de liv-576 p., avec 48 pl.). Washington, Government Printing Office, 1906. 44891

Digitized by Google

*Atti del Collegio degli Ingegneri ed Architetti, Firenze. Anno 1906* (in-8°, 265 × 185 de xxv-39 p.). Firenze. 44876

*Atti del R. Istituto d'Incoraggiamento di Napoli. MCMV. Serie sesta. Volume LVII degli Arti* (in-4°, 305 × 200 de xv-414-xxii p., avec 22 pl.). Napoli, Società cooperativa tipografica, 1906. 44909

*Comptes rendus in extenso des Congrès internationaux de Paris 1900* (171 volumes et brochures de différents formats). Procès-verbaux sommaires des Congrès internationaux de Paris 1900 (118 brochures in-8°). Programmes et règlements relatifs aux dits Congrès (79 brochures in-4°). Ainsi que 19 brochures diverses. (Don de M. L. de Chasseloup-Laubat, M. de S.) 44883

Lorenz (O.). Jordell (D.). — *Catalogue général de la librairie française.* Continuation de l'ouvrage d'Otto Lorenz (Période de 1840 à 1885 ; 11 volumes). *Tome dix-septième (Table des matières des tomes* xiv *et* xv, *1891-1899*). Rédigé par D. Jordell. — *L-Z* (in-8°, 245 × 155 de 544 p. à 3 col.). Paris, Per Lamm, 1906. 44892

*Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, with other selected and abstracted Papers. Vol. CLXVII. 1906-1907. Part. I* (in-8°, 215 × 140 de viii-510 p., avec 3 pl.). London, Published by the Institution, 1907. 44875

Pillet (F.-J.). — *La figuration des reliefs*, par F.-J. Pillet (Bibliothèque graphique du dessinateur industriel. 11e série. Fascicule A) (une brochure 270 × 140 de 32 p., avec 260 fig.). (Don de l'auteur, M. de la S.) 44878

## Voies et Moyens de Communication et de Transport.

*Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France pour 1906, soixante-seizième année ; pour 1907, soixante-dix-septième année* (2 vol. in-8°, 240 × 155 de xvi-365 p. et de xiv-368 p.). Paris, Paul Dupont, 1906, 1907. 44873 et 44874

---

Digitized by Google

# MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1907, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

| | | | |
|---|---|---|---|
| J. | Cahen, | présenté par MM. | Duportal, Lautmann, Mazeran. |
| Ch. | Cuau, | — | Bernard, Bougault, Picou. |
| E. | Degrémont, | — | Belmère, Lelièvre, Strohl. |
| R. | Douvry, | — | Blondel, Papa, Reich. |
| G. | Embry, | — | Bodard, Lavoix, Taupiat de Saint-Symeux. |
| R. | Heurtey, | — | G. Dumont, Fichet, Jullien. |
| A.-J. | Hutchinson, | — | Chapman, Vaslin, de Dax. |
| P. | Janet, | — | Cornuault, Hillairet, Postel-Vinay. |
| P. | Lévy, | — | Cornuault, Reumaux, Groselier. |
| A. | Mariage, | — | Campagne, Schuhler, Sekutowicz. |
| M. | Moret, | — | Saillard, de Dax, A. Mallet. |
| L. | Mussi, | — | Couriot, Barbet, Gallois. |
| U.-M. | Pradère, | — | A. Gouvy, Leleu, Soupey. |
| V. | Riera, | — | Cornuault, Barbet, Masson. |
| F. | Rouland, | — | Cornuault, Hillairet, Postel-Vinay. |
| J. | Royer, | — | Blétry, Deville, Michault. |
| P. | Schwing, | — | Baclé, Guillet, Herdner. |
| T. | Verany, | — | Cornuault, Canet, Boas. |
| J. | Vidal, | — | Couriot, Barbet, Gallois. |

Comme Membre Sociétaire Assistant, M. :

A. Mettler, présenté par MM. Mallet, de Longraire, de Dax.

Digitized by Google

# RÉSUMÉ

DES

# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1907

---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA

## SÉANCE DU 3 MAI 1907

Présidence de M. E. Cornuault, Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

N. Duval-Pihet, Ancien Élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons (1872), Membre de la Société depuis 1878, Officier de la Légion d'honneur, Ingénieur-constructeur.

M. le Président adresse à la famille de ce Collègue l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officiers de l'Instruction Publique : MM. L. Baudet, G. Bergerot, F.-C. Calvé, G. Chauveau, Jeanne-Julien;

Officiers d'Académie : MM. G. Desjacques, S. Engrand, A. Hollard, P. Lebrou, W. Rechniewski, Gaston Roux, Ch.-A. Vigreux;

Commandeur dans l'Ordre militaire de Conception de Villa-Viçoza : M. F. Schiff.

M. H. Constantin a été nommé membre du Conseil de la Société de Géographie commerciale de Paris.

Enfin, le Président de la Société a été élu Membre du Comité d'Administration de la Société Internationale des Électriciens.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

Digitized by Google

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. le Président annonce que des concours sont ouverts à la Poudrerie d'Angoulême pour la fourniture :

1° D'une locomotive sans feu, à voie normale. Sont exclues de ce concours les locomotives électriques à prises de courant extérieures;

2° D'un pont roulant de 13 t;

3° D'un élévateur transporteur de charbon.

Les programmes de ces trois concours seront adressés aux Constructeurs qui en feront la demande à M. le Directeur de la Poudrerie à qui les offres doivent être adressées directement.

La clôture du concours pour la locomotive est fixée au 1er juillet, pour les deux autres au 15 juin 1907.

M. le Président fait connaître que M. de Chasseloup-Laubat, Rapporteur général des Congrès de 1900, a fait don à la Bibliothèque de la Collection des rapports de ces différents Congrès et qu'un certain nombre de ces volumes sont en double. Ils sont donc, conformément aux usages. à la disposition de ceux de nos Collègues qui désireraient se les procurer. Ils peuvent être examinés à la Bibliothèque.

M. le Président adresse tous les remerciements de la Société à M. de Chasseloup-Laubat.

Le Comité du monument Augustin Normand a fait connaître que le montant de la souscription dépassera probablement la somme de 40 000 f.

Le Comité d'organisation du Congrès national des Pêches Maritimes, qui aura lieu à Bordeaux du 14 au 20 septembre prochain, demande à la Société de bien vouloir prendre part à ses travaux et de désigner des délégués.

Le quatrième Congrès régional de l'Alliance d'hygiène sociale s'ouvrira à Lyon, le 13 mai 1907, pour se terminer le 16 du même mois.

M. le Président dit qu'il a reçu de notre Collègue M. C. Canovetti, une lettre relative à des expériences faisant suite à celles qu'il a exposées dans la séance du 6 mars 1903.

Cette lettre est ainsi conçue :

» Monsieur le Président,

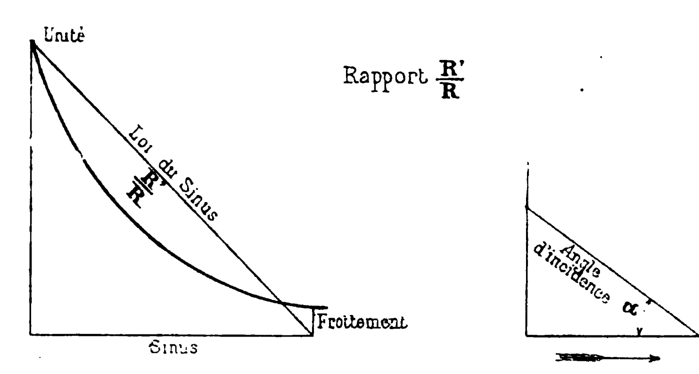
« Lorsque, le 6 mars 1903, j'ai rendu rapidement compte à la Société » du résultat de mes recherches sur la résistance de l'air, la plus grande » surface dépassait 2 m², mais, me servant d'un chemin de fer funiculaire à la pente de 55 0/0, j'ai pu faire manœuvrer jusqu'à 8 m² à des » vitesses de 5 à 16 m à la seconde. En groupant graphiquement les » résultats de mes expériences, que je poursuis depuis 1898, on trouve » que, sauf pour les surfaces de plus de 6 m² qui éprouvent une résistance un peu moindre, la loi qui représente le mieux l'ensemble des » résultats est :

$$R = 0{,}0324\ V^2 + 0{,}432\ V,$$

» les coefficients sont ceux réduits à 760 mm et à 10 degrés, car les dernières expériences ont été obtenues à plus de 500 m d'altitude.

Digitized by Google

» Quant aux surfaces avec angle d'incidence, la loi du sinus donne » des résultats notablement supérieurs à ceux de l'expérience. Comme




» la résistance normale varie avec la vitesse, il est plus simple d'exprimer le rapport de la résistance oblique R′ à la normale R en prenant » les valeurs du sinus comme abscisse. La courbe de ce rapport est » comme une chainette en dessous de la droite oblique qui représente » la variation du sinus à la valeur 1 pour sinus $= 1$; pour sinus $= 0$ la » chainette ne passe pas par 0; la différence est due au frottement de » l'air pour lequel j'aurais trouvé le coefficient 0,00012 sur chaque face, » en le supposant proportionnel au carré de la vitesse.

» Je vous serais infiniment obligé si vous vouliez porter à la connaissance de nos Collègues ces résultats.

» Veuillez agréer, etc.

» *Signé :* C. Canovetti. »

M. R. Soreau dit que de récents essais attirent, à juste titre, l'attention générale sur les aéroplanes. Il va de soi que la construction rationnelle de ces appareils sera grandement facilitée par la connaissance des lois de l'Aérodynamique. Les expériences faites en ce sens sont peu nombreuses jusqu'ici, et portent généralement sur des surfaces de faibles dimensions; il faut donc se féliciter que M. Canovetti ait apporté une nouvelle contribution, en opérant sur des plans de 8 m².

M. Soreau ne vient pas discuter les expériences de M. Canovetti, qu'il ne connaît pas; mais, puisque M. le Président veut bien l'y inviter, il donnera volontiers son opinion sur la question qui, d'après lui, doit être envisagée à deux points de vue bien différents.

En premier lieu, il convient de mesurer la qualité sustentatrice et la résistance à l'avancement des principaux types de surfaces alaires : surfaces allongées à section concave; surfaces dites à cellules, comme dans le cerf-volant Hargrave, etc. En opérant sur des dimensions analogues à celles demandées pour les aéroplanes, on arrivera ainsi à dresser une table des valeurs que prennent, dans les principaux cas, les deux fonctions dites de Lilienthal; cette table fournira des indications pratiques de la plus haute importance.

Mais de telles expériences ne paraissent guère susceptibles de nous

Digitized by Google

faire pénétrer les lois élémentaires de l'Aérodynamique. Afin d'arriver à ce but éminemment désirable, il y a lieu de procéder à des expériences d'un tout autre ordre, en opérant sur les surfaces dites *plans minces :* peu avantageuses en Aviation, elles ont le mérite de constituer d'excellentes surfaces de *référence*. Les expériences demandent alors beaucoup plus de précision, puisqu'il s'agit de démêler le rôle des divers facteurs du problème, et le mode d'écoulement de l'air; c'est pourquoi, jusqu'à présent, on n'a pu opérer que sur des plans d'assez faibles dimensions. C'est à eux que se rapportent la formule de Duchemin pour les plans carrés, et celle de M. Soreau pour des plans diversement allongés. Si, comme il est probable, les surfaces de 8 m² employées par M. Canovetti sont des voilures tendues sur un cadre et se déformant plus ou moins sous l'effort du vent relatif, il ne peut être question que d'enregistrer les résultats obtenus, et non de les opposer à ceux de formules qui synthétisent les meilleures expériences sur les plans minces.

Le fait que signalait M. Canovetti, à savoir que la réaction ne varie pas comme le sinus de l'angle d'attaque, est connu depuis bien longtemps. M. Soreau montre qu'il existe cependant un cas où, sans conteste, la loi du sinus est vraie : celui du plan très allongé d'avant en arrière. Le même plan, orienté comme le sont les ailes de l'oiseau, donnerait, aux faibles incidences, une réaction quatre à cinq fois plus grande, qui triplerait facilement elle-même avec une section concave.

L'influence de l'allongement est donc manifeste. M. Soreau rappelle qu'en Hydrodynamique il a montré le premier cette influence sur la position du centre de pression dans les gouvernails. Sans vouloir établir aucun parallèle entre le mode d'écoulement de l'air et celui de l'eau, il a constaté que les résultats trouvés par lui sur les gouvernails carrés sont identiques à ceux trouvés dans l'air par Langley.

On voit, conclut M. Soreau, combien ces recherches expérimentales sont délicates, et dignes de solliciter l'attention des Ingénieurs.

M. J. Deschamps se demande s'il est bon de comparer l'effort à la surface entraînée, ou s'il ne vaudrait pas mieux faire varier la surface et comparer les variations d'effort aux variations de surface, autrement dit les différentielles des deux quantités. On éliminerait ainsi l'influence de la forme et des bords de la surface entraînée.

M. Soreau répond que l'influence marginale est bien connue; elle a été indiquée notamment par M. l'abbé Le Dantec. Mais il n'a voulu parler ce soir que des deux éléments principaux autres que la vitesse, à savoir l'inclinaison et l'allongement.

M. C. Canovetti rappelle que, dans la séance du 6 mars 1903, on lui objectait les dimensions réduites de sa surface; il l'a portée de 2 à 8 m², sur un chemin de fer funiculaire à la pente de 55 0/0. Tout était pesé et mesuré, et les appareils enregistreurs électriques donnaient la vitesse tous les 25 m. Dans ces conditions, les erreurs relatives ne peuvent atteindre que 2 à 3 0/0, ce qui lui a permis de déterminer même le frottement de l'air sur les 8 m² par une différence de 55 kg. Dans ses précédentes expériences, il avait constaté l'influence et la plus grande résistance de l'aile longue par rapport à l'aile courte.

Digitized by Google

Suivant M. Canovetti, la loi de Duchemin modifiée par M. Soreau serait basée sur des expériences peu concluantes, et en tout cas établies dans des conditions d'exactitude bien inférieures aux siennes. Cette loi donne des résultats supérieurs à la loi du sinus, tandis que ses résultats sont parfaitement alignés sur une courbe ayant l'allure d'une chainette dont la corde représente la loi du sinus ; il n'a pas établi l'équation de cette courbe, estimant qu'il n'avait pas assez d'expériences, bien qu'il travaille la question depuis huit années.

Le phénomène est en effet très complexe et modifiable par la plus légère variation des circonstances ; d'autre part, le mouvement uniforme est très difficile à établir. M. Canovetti nie toute valeur aux déductions tirées de l'hydraulique, surtout pour établir des coefficients numériques, et termine en répétant qu'il faut des expériences et encore des expériences.

M. le Président remercie M. Canovetti de la lettre qu'il a écrite et de l'intéressante discussion à laquelle elle a donné lieu. Il remercie également M. Soreau et M. Deschamps.

M. Meunier a la parole pour sa communication sur *les Mélanges explosifs d'éther et d'air. Détermination des limites d'inflammabilité* (avec expériences).

A la suite de la discussion qui eut lieu le 28 mars dernier à la Chambre des Députés, au sujet de la récente catastrophe de Toulon, M. Meunier eut l'idée d'entreprendre des recherches en vue de savoir si les mélanges d'air et de vapeurs d'éther possédaient des limites d'inflammabilité et quelles étaient ces limites. Les recherches, qu'il avait précédemment exécutées en collaboration avec M. Couriot sur l'inflammation électrique des mélanges de grisou et d'air, puis une étude particulière des hydrocarbures, de l'essence employée aux moteurs pour automobiles, lui avaient suggéré la marche à suivre.

Il insiste, d'abord, sur la notion de limites d'inflammabilité et en montre la portée. La combustion ne peut avoir lieu que si les proportions du mélange sont comprises entre ces limites : cela s'entend du mélange préalablement effectué, sinon ce serait nier que le gaz combustible puisse brûler en arrivant à l'air. Au voisinage des proportions limites, l'inflammation a lieu sans bruit. Mais, pour la proportion, où la combustion est totale sans excès d'air, elle produit une explosion violente. Il suffit de connaitre la formule de l'hydrocarbure pour obtenir approximativement, par calcul, ces proportions.

L'expérience montre que les hydrocarbures du pétrole possèdent réellement des limites d'inflammabilité, de la même façon que leur prototype le méthane du grisou.

Cette notion expérimentale peut être généralisée et appliquée à l'éther qui, au point de vue de l'inflammabilité, peut être considéré comme du butane faiblement oxyde. On savait, du reste, depuis fort longtemps, que ce corps très inflammable, mélangé à l'air, peut faire explosion, mais on ignorait suivant quelle loi précise.

M. Meunier rappelle que 1 l d'air, à 15 degrés, peut brûler environ 98 mg d'éther. Il admet, suivant ce qu'il a constaté pour les hydrocar-

Digitized by Google

bures, que la limite inférieure doit être à peu près la proportion de 60 mg au litre, et la limite supérieure plus forte que la limite correspondante pour les hydrocarbures, parce que l'éther est un corps déjà en partie oxydé, doit être de 190 à 200 mg au litre d'air.

Il effectue alors l'expérience dans une éprouvette pour les essais d'inflammabilité. Il y verse d'abord un peu de mercure, qui servira à mélanger les vapeurs d'éther à l'air, puis il y laisse tomber l'éther goutte à goutte, et enflamme le mélange. La combustion est très lente et l'on voit la flamme aller d'un bout du tube à l'autre vers la limite inférieure. L'explosion est vive pour le bon mélange et l'éther brûle seulement à l'ouverture du tube, quand on dépasse la limite supérieure.

Il fait remarquer, en conséquence, que ce ne sont pas les fortes proportions d'éther qui sont le plus à redouter, mais les faibles. En outre, il appelle l'attention sur ce fait, bien connu dans l'industrie, que les vapeurs d'éther, étant deux fois et demie plus lourdes que l'air, s'accumulent au voisinage du sol et peuvent former, là, des couches explosives.

Il montre un exemple. Dans un local non ventilé, dont la capacité serait de 30 m³ et la hauteur de 3 m, il suffirait de 3 kg d'éther répandu d'une manière homogène dans la masse des 30 m³ pour former un mélange explosif. Mais, par suite de la lourdeur de l'éther, 100 g peuvent suffire pour faire sur le sol une couche explosive de 10 cm de hauteur, 200 g une couche de 20 cm et ainsi de suite.

Cette considération fait concevoir, pour un local où il existe des vapeurs d'éther, l'importance qu'il y aurait à essayer les différentes couches par la méthode qu'il vient d'exposer.

La méthode qu'il a suivie, pour établir la loi d'inflammabilité de l'éther, s'applique tout aussi simplement aux hydrocarbures ou à leur mélange, essence ou éther de pétrole, sulfure de carbone, etc.

Un mélange d'air et de gaz combustible, qui contient une proportion de ce dernier au-dessus de la limite supérieure, se comporte comme un extincteur instantané, en l'absence d'un afflux d'air, bien entendu.

M. le Président remercie M. Meunier de son intéressante communication. Les expériences qui viennent d'être présentées sur les mélanges explosifs d'éther ont une grande analogie avec d'autres phénomènes qui produisent souvent des catastrophes: tels le grisou et d'autres explosions toutes récentes. Il est donc d'un haut intérêt d'étudier ces questions.

M. L. Denayrouze a la parole pour sa communication sur *les Lampes portatives pour l'éclairage à incandescence.*

Au moment de la grève des électriciens, de nombreuses applications improvisées des lampes au Lusol ont montré que l'éclairage essayé au Ranelagh, et étendu cet hiver à divers points des voies publiques de Paris, où les canalisations de gaz et d'électricité étaient interrompues, pouvait fournir un excellent secours, capable de parer à toute éventualité d'interruption de lumière.

La question de la production de l'incandescence par des appareils indépendants a même pris, grâce au résultat de récentes observations, une importance inattendue.

Si bien que le moment parait venu de se demander si, à côté des

Digitized by Google

organismes géants d'électricité et de gaz, il n'y aura pas souvent place pour des installations autonomes, créées au moyen de lampes portatives de grande puissance dans lesquelles la lumière pourra être produite sur place très simplement et à très bon marché.

Les premiers systèmes d'incandescence par l'alcool et par le pétrole avaient donné jusqu'ici des résultats intéressants, sans avoir cependant trouvé encore en France d'application qui fût devenue un peu générale.

C'est pourquoi on a été conduit à étudier des appareils de construction extrêmement soignée, bannissant toute complication d'ordre mécanique et obviant au trouble le plus léger dans le régime thermique rigoureux auquel doit rester soumis le mélange d'air et de vapeur qui produit l'incandescence.

La lampe dessinée au tableau est réduite à un simple tube de forme étudiée avec une cloison médiane d'épaisseur extrêmement mince formée par un rubis d'horlogerie percé d'un orifice très ténu, réglé au centième de millimètre. Les autres organes sont conçus de manière que le régime thermique de l'ensemble de l'appareil soit d'une invariabilité pratiquement absolue, de manière à éviter, en un point quelconque, les décompositions de la vapeur carburée produisant un dépôt solide, à la moindre rupture d'équilibre de température, ce qui est le défaut général des anciens appareils à carbures.

Avec ces précautions tout à fait minutieuses, qui constituent la condition *sine quâ non*, de la bonne marche de la combustion des vapeurs, on réalise un ensemble d'appareils de production de lumière d'une extrême souplesse, permettant d'obtenir toutes les intensités usuelles, depuis celle d'une petite lampe à incandescence électrique de 10 bougies, jusqu'à l'éclat des arcs les plus puissants, 1 000 bougies, si l'on veut.

La conséquence de ces simplifications radicales, c'est que l'éclairage à incandescence par des appareils portatifs, qui paraissait jusqu'ici n'avoir d'avenir industriel que dans les campagnes, semble appelé à rendre aussi des services appréciables dans les villes.

Voici d'ailleurs comment a été posé, dans un mémoire remis à M. le Préfet de la Seine, le principe de cette méthode d'éclairage des collectivités, fondée sur l'emploi d'un matériel minuscule pour la production de l'incandescence à domicile :

« Au cours du siècle dernier, les services publics d'éclairage dans les » grandes villes ont été établis sur le programme unique suivant :

» Préparer et produire, au moyen de la combustion du charbon dans » une usine centrale, des fluides éclairants à travers une canalisation le » plus souvent souterraine et distribués ainsi à domicile, avec des » instruments spéciaux de mesure.

» Le principe de la nouvelle exploitation serait nettement inverse.

» On distribuerait et on entretiendrait à domicile et à main d'homme » des appareils producteurs de lumière autonomes, c'est-à-dire sans » connexion aucune avec des usines centrales et des canalisations » extérieures.

» Ce serait un retour apparent aux méthodes primitives de la torche » ou de la chandelle, avec cette différence que le pouvoir éclairant de » ces foyers d'antan peut être décuplé, centuplé, si l'on veut.

Digitized by Google

» Des opérations d'entretien de ce genre, mais partielles, ont d'ailleurs » été et sont actuellement pratiquées. On peut rappeler à cet effet le gaz » portatif. Mais on doit surtout remarquer que depuis quelque temps, le » service des becs de gaz à incandescence est pratiqué avec succès dans » beaucoup de locaux de commerce parisien, par des agents de Compa- » gnies privées accueillis avec faveur par des abonnés pour le simple » remplacement des manchons et des verres.

» Donc, le système en tant que mode d'exploitation pratique, n'a » non plus rien qui puisse paraître irréalisable.

» Ceci dit, il reste à prouver que si l'on a pu trouver avantage à » procéder ainsi pour effectuer *une seule des opérations* complexes que » comportaient les anciens modes de production de lumière, les progrès » tout à fait récents de l'incandescence produite avec des appareils » rudimentaires et des substances à bas prix, sont devenus tels que la » production complète de cette lumière à domicile permettrait souvent » de réelles simplifications de service et de réelles réductions de dé- » penses. »

Pour justifier cette opinion, des expériences sont faites sur une série de lampes donnant toutes les intensités et ayant pour caractéristique :

1° D'être d'une extrême simplicité;

2° De brûler avec un carbure très homogène, le Lusol, Benzol bien rectifié;

3° De donner la carcel pour le prix de *trois millimes*.

En ce qui concerne l'application dans les villes, le calcul donne des chiffres sujets à discussion, suivant que l'on prend pour base de comparaison tel ou tel tarif du gaz ou de l'électricité. Mais il est hors de doute que le coût de la consommation par carcel-heure n'est jamais supérieur à celui du gaz incandescent, même à Paris, et est très inférieur au prix de l'électricité ou du pétrole brûlé dans des lampes usuelles.

Enfin, en ce qui concerne l'allumage, qui eût constitué une difficulté pratique sérieuse pour les applications urbaines, si l'on eût dû l'effectuer par un amorçage avec alcool liquide, il est devenu on ne peut plus simple, soit par l'emploi d'une veilleuse au lusol, soit par l'usage pendant deux minutes d'un léger jet de gaz, ou d'une petite dérivation du courant électrique dans les établissements qui possèdent déjà des installations anciennes.

Le procédé nouveau n'aspire pas à supprimer celles-ci, mais il peut les rendre, dans bien des cas, beaucoup plus économiques par l'adjonction de foyers de faible dépense en certains points des locaux aménagés sans souci suffisant du prix de l'éclairage.

Enfin, ce qui donne une portée tout à fait digne d'attention à ces travaux sur les appareils indépendants à carbure, c'est que plus on avance dans la simplification et la sûreté de fonctionnement de ces appareils, plus on arrive à utiliser de carbures moins épurés et moins coûteux que les premiers composés auxquels on a eu recours.

C'est ainsi que l'on a présenté une lampe brûlant de l'huile de goudron ayant subi une rectification d'une nature particulière, mais très simple, et qui donne des résultats extrêmement encourageants.

Digitized by Google

Si ces résultats peuvent être généralisés, il s'ensuivrait une chute très notable du prix de la lumière.

Enfin, des dispositions ingénieuses pour diminuer très sensiblement le prix des manutentions de remplissage, qui constituent la principale infériorité des systèmes portatifs sur les systèmes à canalisation de fluides, ont été expérimentées. Elles consistent, pour les usages intérieurs, en un envoi direct du liquide dans un récipient disposé pour cela par une lance maniée d'en bas et fixée sur un réservoir roulant, et, pour l'éclairage public, d'un système analogue adapté sur un fût arrimé à l'avant d'un moto-tri, ce qui quintuple au moins la rapidité des opérations de remplissage et en réduit naturellement beaucoup le prix.

La conclusion de M. Denayrouze est que l'industrie de l'incandescence au moyen des carbures et des lampes portatives, considérée jusqu'ici comme d'ordre secondaire, mérite de la part des Ingénieurs de l'éclairage l'étude la plus sérieuse et s'impose à l'attention générale, et plus spécialement à celle des municipalités et des grandes Administrations publiques et privées.

M. le Président remercie M. Denayrouze de la présentation qu'il a bien voulu faire, à la Société, des Lampes au Lusol ou Benzol, mais il tient à lui répliquer, en ce qui concerne les principes généraux d'éclairage qu'il a développés dont il lui laisse toute la responsabilité et a déclarer qu'il est d'un avis diamétralement opposé :

M. le Président rappelle et confirme ce qu'il a déjà exposé à la Société des Ingénieurs Civils de France, à savoir : que la civilisation moderne dans la plupart de ses manifestations : éclairage, force motrice, chaleur, eau, égouts, etc., implique la canalisation et la distribution. C'est exactement l'*inverse* de ce que vient soutenir M. Denayrouze à propos de la présentation d'une lampe portative aux hydrocarbures, Lusol ou Benzol, laquelle semble bien nous ramener aux méthodes primitives en matière d'éclairage.

Les méthodes modernes, qu'il s'agisse d'éclairage ou de beaucoup d'autres services industriels, exigent la concentration d'abord, la distribution ensuite ; les exemples abondent de toutes parts en industrie, et le contester serait nier le progrès. Pour rester sur le terrain éclairage — seul en cause pour le moment — qu'il s'agisse de gaz ou d'électricité, c'est de la concentration dans de grandes usines excentrées, qu'on doit attendre le bas prix de revient, facteur essentiel d'un bas prix de vente, et, c'est par la distribution à haute tension ou pression, sur un périmètre toujours plus étendu qu'on doit obtenir le minimum de frais à ajouter au prix de revient à l'usine productrice, pour avoir le prix de revient total, le prix de revient aux becs.

En dehors du prix de revient, c'est encore ainsi qu'on obtiendra la simplicité, la commodité, le luxe, qui se paient comme toutes choses, avec le minimum d'entretien, l'absence de remplissage de réservoirs, la facilité d'allumage, etc...

M. le Président regrette que l'heure avancée ne lui permette pas d'entrer dans d'autres détails, mais il a tenu cependant à ne pas laisser

Digitized by Google

sans réplique les idées nouvelles émises par M. Denayrouze en matière d'éclairage.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J. Cahen, R. Douvry, A.-J. Hutchinson, P. Janet, A. Mariage, M. Moret, F. Rouland, J. Royer, P. Schving, T. Verany, P. Levy, V. Riéra, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. Ch. Cuau, E. Dégremont, G. Embry, R. Heurtey, L. Mussi, U. Pradère, J. Vidal, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires ;

Et M. A. Mettler comme Sociétaire Assistant.

**La séance est levée à onze heures un quart.**

*L'un des Secrétaires techniques,*
J. DESCHAMPS.

---

# PROCÈS-VERBAL

DE LA

## SÉANCE DU 17 MAI 1907

Présidence de M. E. CORNUAULT, Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de MM. :

Élie Henry, ancien Élève de l'École Centrale (1864), Membre de la Société depuis 1900, Administrateur délégué de la Société anonyme des usines de produits chimiques d'Hautmont et de la Société anonyme des usines Dufossez et Henry ;

C. Joinard, ancien Élève de l'École Centrale (1886), Membre de la Société depuis 1904. Ingénieur en chef de la voie et des travaux des Chemins de fer du Nord de l'Espagne ;

Pat. Doyle, Membre de la Société depuis 1898 ; Ingénieur-consultant, éditeur du journal « Indian Engineering ».

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officiers d'Académie : MM. Albert Dubois, J. Massing, A. Meurer, A. Schwartz ;

Officier du Mérite Agricole : M. E. Beaupré ;

Officier du Nicham Iftikar : M. C. Le Bris.

Notre ancien Président, M. G. Canet, a été élu Président de l'Institution of Junior Engineers de Londres, pour 1907-1908 ;

Digitized by Google

M. Canet a également reçu de l'Empereur de Chine la décoration de première classe du treisième grade de l'Ordre du Double Dragon ;

M. J. Carpentier a été nommé Membre libre de l'Académie des Sciences.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des plus prochains Bulletins.

M. le Président est heureux de faire connaître que M. J. Royer, dont l'admission va être prononcée ce soir, a fait don à la Société d'une somme de 40 f. Il lui en adresse ses bien vifs remerciements.

M. R. Arnoux a la parole pour sa communication sur *la roue d'automobile; sa résistance au roulement, son adhérence, son dérapage et ses propriétés directrices.*

M. R. Arnoux fait observer, d'abord, que c'est avec une justesse parfaite qu'on a comparé le rail de nos voies ferrées et la locomotive qui y circule, à la cuirasse et au boulet lancé sur cette cuirasse, ce qui a obligé à proportionner constamment la masse du rail à celle du projectile lancé sur lui avec des vitesses de plus en plus grandes.

De même, une roue d'automobile, roulant en vitesse sur une route toujours plus ou moins cahoteuse, ne diffère pas sensiblement d'un projectile, lancé à ricochets sur une muraille, le sol de la route, dont la masse peut être considérée comme infinie vis-à-vis de la sienne.

Tant qu'il s'est agi de vitesses de translation inférieures à 4 ou 5 m par seconde, les roues à bandages métalliques, reliées à la caisse du véhicule par de longs ressorts très souples, ont pu suffire. Mais dès que la puissance toujours plus grande des moteurs permit de réaliser des vitesses près de dix fois supérieures, donnant lieu, par conséquent, à des effets de choc des roues sur les aspérités du sol près de cent fois plus grands, il a fallu chercher à alléger celles-ci autant qu'il a été possible et à les protéger contre les dits chocs par des bandages amortisseurs.

En effet, puisque la roue d'automobile est un projectile possédant une force vive ou énergie cinétique égale au demi-produit de sa masse $m$ par le carré de sa vitesse V, il s'ensuit que le projectile-roue perd à chacun de ses conflits avec les inégalités du sol, une certaine quantité de cette énergie qui, toutes choses égales d'ailleurs, est en proportion de sa masse et du carré de sa vitesse de translation.

Il faut s'efforcer d'en réduire la valeur et le seul moyen d'y parvenir, c'est de réduire autant qu'il est possible la masse $m$ de la roue. De là l'emploi général aujourd'hui de roues légères et de faible diamètre.

Le véritable rôle des organes élastiques, des ressorts interposés entre les essieux et le châssis d'un véhicule, est précisément de limiter pour ainsi dire, à la seule masse des roues, les pertes d'énergie cinétique produite par chaque cahot. Les ressorts de suspension tels qu'on les construit actuellement, remplissent également un autre rôle non moins important que le précédent, celui de transformer immédiatement en



Digitized by Google

chaleur le travail mis en jeu dans chaque bondissement vertical de la roue. S'il est en effet impossible d'éviter ce bondissement sous l'action d'un cahot, il y a, par contre, un intérêt majeur à supprimer les rebondissements successifs de cette roue surtout dans le cas de l'emploi des bandages pneumatiques. Que faut-il faire pour cela? Tout simplement ramener la roue en contact avec le sol, sinon sans vitesse verticale, du moins avec une vitesse aussi réduite que possible en freinant convenablement le mouvement de la roue pendant son aller et son retour en contact avec le sol. Il convient d'ailleurs d'observer que ce freinage des mouvements d'oscillation dans le sens vertical, c'est-à-dire dans un sens perpendiculaire au mouvement de translation du véhicule, ne peut donner lieu, de ce fait, à aucune perte supplémentaire du travail employé à la propulsion dudit véhicule. La résultante des forces agissant sur la roue à chaque cahot, peut se décomposer en deux forces : l'une dirigée verticalement, produisant précisément cette oscillation verticale de la roue ; l'autre dirigée horizontalement et s'opposant pendant un laps de temps plus ou moins court à la progression du véhicule; et puisque le travail développé par cette résultante est du travail irrémédiablement perdu dans l'état actuel des choses, il convient de le transformer immédiatement en chaleur. Si, aux faibles vitesses, le freinage produit par le frottement les unes contre les autres des lames des ressorts de suspension peut suffire à cette transformation en chaleur, il n'en est plus de même aux grandes vitesses qu'on peut réaliser pratiquement aujourd'hui.

De là l'emploi de ces organes supplémentaires de freinage des mouvements de flexion des ressorts dont l'idée première parait due à Truffault et dont le plus grand défaut de tous les modèles actuellement existants est, il importe d'y insister, de n'être pas réglables en marche suivant la charge du véhicule, sa vitesse et l'état de la route.

Si on observe que le travail de freinage d'un amortisseur se compose de deux facteurs, force et déplacement, il est clair que, plus ce dernier facteur sera accru par l'emploi de ressorts à grande course, à grande flexibilité, plus pourra être réduite la force de freinage et, par conséquent, de liaison de sessieux au châssis.

Si l'emploi de ressorts de suspension interposés entre les essieux et le châssis s'est imposé depuis longtemps dans les véhicules se déplaçant rapidement, afin de réduire les trépidations et les chocs produits par les cahots de la route, la nécessité de soustraire les roues elles-mêmes à l'effet destructeur de ces derniers s'est, de plus en plus, impérieusement imposée au fur et à mesure que s'est accrue la vitesse des véhicules.

De cette nécessité est né le bandage en caoutchouc plein d'abord, puis le bandage pneumatique, lequel actuellement constitue la meilleure solution d'un organe suffisamment souple, élastique et amorti, permettant de protéger la roue tout entière puisqu'il est immédiatement interposé entre elle et le sol.

Mais il convient de se demander si le bandage élastique et particulièrement le bandage pneumatique, offre une résistance au roulement supérieure à celle présentée par le bandage métallique. Or il résulte d'expériences effectuées en mai et juin 1904, par M. R. Arnoux, le commandant Ferrus et M. Bourcier Saint-Chaffray, en se servant comme

Digitized by Google

dynamomètres des moteurs d'une voiture électrique obligeamment prêtée par la Société « la Gallia » que cette résistance sur route normale est comprise entre 12 et 18 kg par tonne. Elle est donc un peu inférieure à celle des roues à bandage métallique; les expériences ont porté sur douze bandages de systèmes différents, bandages pleins et creux en caoutchouc et bandages pneumatiques munis ou non de bandes de roulement antidérapantes. Ce sont les bandages et les pneumatiques à enveloppe de faible épaisseur qui ont opposé les plus petites résistances au roulement, et les bandages creux et pneumatiques à enveloppe épaisse et munis d'antidérapants amovibles ou non qui ont fourni les plus fortes résistances au roulement.

Ceci s'explique aisément en observant que la déformation d'un bandage élastique dans sa partie en contact avec le sol exige un travail d'autant plus élevé que la déformation est plus grande et la quantité de matière soumise à cette déformation plus considérable. Ce travail est en grande partie récupéré.

M. R. Arnoux a pu mettre en évidence le travail de restitution du bandage élastique, dans la partie postérieure quittant le sol, en déformant radialement et progressivement un bandage à l'aide de forces constamment croissantes d'abord, jusqu'à une certaine valeur maximum, à partir de laquelle on laisse le bandage reprendre sa forme primitive en faisant varier d'une façon constamment décroissante jusqu'à zéro les forces mises en jeu. Ceci fait, en portant en abscisses les déformations du bandage et en ordonnées les forces correspondantes, on obtient un diagramme, différant peu de la ligne droite dans la courbe d'aller, dont la surface mesure le travail de déformation, et un diagramme de retour dont la courbe, convexe d'abord du côté de la ligne des abscisses, devient ensuite concave dans cette même direction en présentant un point d'inflexion dans sa partie médiane. La surface comprise entre cette dernière courbe, toujours située au-dessous de la première, et la ligne des abscisses, mesure le travail de restitution. Le rapport de cette dernière surface à la précédente fait connaître le rendement du bandage au roulement, rendement qui peut atteindre 97 0/0 pour les très petites déformations et descendre à 76,5 0/0 pour les déformations poussées à l'extrême.

Cette méthode présente évidemment l'inconvénient de faire travailler le bandage dans des conditions un peu différentes de celles de la pratique, mais elle a l'avantage de mettre en évidence le travail de restitution du bandage élastique après sa déformation, ce que n'avait pas permis de faire la méthode employée en 1904, laquelle ne peut déterminer que la *différence* des travaux de déformation et de restitution du bandage.

Une autre propriété non moins remarquable du bandage élastique en caoutchouc est son adhérence considérable au sol. Alors que le bandage métallique a un coefficient d'adhérence qui dépasse rarement 40 0/0 du poids du véhicule sur route normale, celui du bandage élastique atteint 0,67. M. R. Arnoux a même observé des valeurs de 1,24 à 1,26 sur le bois sec lorsqu'il n'y a pas interposition entre les deux surfaces en contact de grains de poussière, sable ou gravier. Mais si, sur un sol sec, le

Digitized by Google

coefficient d'adhérence du caoutchouc atteint 0,67 et même 0,81 sur un sol parfaitement délavé, c'est-à-dire parfaitement débarrassé de cette boue grasse et argileuse des grandes villes, par contre, ce coefficient tombe à une valeur (0,061) inférieure au dixième des valeurs précédentes sur un sol argileux et gras et inférieure à celle du métal dans les mêmes conditions. C'est précisément pour remédier à ce défaut d'adhérence qu'ont été créés les nombreux systèmes de bandages dit antidérapants, dont le principe général consiste à munir la bande de roulement du bandage élastique, d'aspérités métalliques, de saillie suffisante pour leur permettre d'atteindre le sol solide à travers la couche argileuse. Mais il convient d'ajouter que, lorsque la couche plastique est trop épaisse ou que les aspérités de l'antidérapant ont une hauteur insuffisante, soit par suite d'usure, soit pour toute autre raison, l'antidérapant ne vaut pas mieux que le bandage lisse, et, sur sol sec, il lui est nettement inférieur en raison de son coefficient d'adhérence, dans ce cas beaucoup moins élevé. Ceci explique pourquoi les roues motrices sont très souvent munies, l'une d'un bandage lisse et l'autre d'un antidérapant.

Il semble très probable que cette grande adhérence du caoutchouc est due à la propriété que possède celui-ci de se *mouler au sol*, d'engrener en quelque sorte avec ce dernier comme un pignon avec sa crémaillère.

Un phénomène fort gênant, surtout dans les grandes villes, phénomène qu'on avait d'ailleurs eu l'occasion d'observer depuis longtemps avec les voitures à chevaux, est celui du dérapage ou glissement transversal.

M. R. Arnoux a eu l'occasion, au Congrès d'automobilisme de 1903. de donner pour la première fois l'explication de ce phénomène en démontrant, à l'aide d'une expérience qu'il répète devant la Société, que, *quelle que soit la valeur de l'adhérence d'une roue au sol, son dérapage se produira invariablement dès qu'elle cessera de tourner, c'est-à-dire qu'elle commencera à glisser*. Pour faire glisser une roue suivant son plan de roulement, il faut évidemment exercer une force suffisante pour vaincre son adhérence au sol et, si cette adhérence est la même suivant toutes les directions, il est clair que cette roue obéira alors à toutes les forces, si petites qu'elles soient, et se dirigera, suivant la résultante générale, *absolument comme si la roue était entièrement libre dans l'espace*. La force qui envoie au trottoir un train de roues freinées à bloc est la composante de la pesanteur due au dévers de la chaussée. Alors même que cette composante est tout à fait insuffisante pour faire glisser transversalement la roue, elle entre immédiatement en jeu dès que celle-ci cesse de rouler et, par conséquent, commence à glisser, soit par le fait d'un freinage à bloc, soit par celui de l'action du moteur produisant le patinage des roues.

Dans l'état actuel des routes, les remèdes à employer pour éviter le dérapage sont de deux ordres. On peut se proposer de trouver un dispositif à force centrifuge actionné par les roues freinées elles-mêmes, qui empêche de bloquer celles-ci, ou bien d'employer une cinquième roue ou plutôt une roulette placée entre les roues motrices, les seules qu'on freine actuellement et appuyant sur le sol avec une force d'une centaine de kilos. Cette roue ne cessant jamais de rouler, son adhérence au sol

Digitized by Google

suffirait pour empêcher le train moteur bloqué d'obéir aux forces de déclivités de la chaussée, puisque celles-ci sont très faibles. Le nouveau châssis à six roues de M. Brillié, avec roues motrices placées entre deux trains de roues directrices, est également un excellente solution du problème.

Dans les automobiles actuelles, les roues freinées sont les roues arrière, lesquelles sont presque toujours motrices. Une expérience qu'on pouvait voir exposée et répétée au Salon de 1905 par la maison Weyher et Richemond, et que M. R. Arnoux répète devant la Société à l'aide d'un petit chariot à quatre roues disposé sur un plan incliné et dont on peut bloquer à volonté les roues avant ou arrière, montre qu'en bloquant ces dernières le système peut faire un demi tour complet dans un sens ou dans l'autre si, au départ, les roues arrière sont en dehors des lignes de plus grande pente du plan passant par les roues directrices. Lorsque les roues bloquées sont au contraire à l'avant, le chariot, bien loin de faire une tête à queue, se redresse au contraire lorsqu'on l'incline volontairement au départ.

M. R. Arnoux montre que ceci est dû à l'action directrice des roues et que celles-ci se comportent exactement comme les pennes d'une flèche. M. R. Arnoux fait observer qu'il y a une autre raison, non moins forte. de freiner les roues directrices, parce que l'adhérence des deux trains de roues d'un véhicule montant ou descendant une rampe est toujours plus grande pour les roues les plus basses, lesquelles sont directrices quand le véhicule descend et motrices quand il monte. Le freinage des roues directrices à l'aide d'une transmission flexible de Bowden a d'ailleurs été appliqué dans ces derniers temps en Angleterre; il est donc déjà passé dans le domaine de la pratique.

M. G. Marié a la parole pour sa communication sur *une Formule relative à une condition de stabilité des automobiles et spécialement des autobus*.

M. G. Marié rappelle que, sur une voie ferrée, un véhicule verse quand la résultante de la force centrifuge et du poids passe en dehors du point de contact de la roue extérieure et du rail.

Dans son mémoire d'avril 1906, il a montré qu'il n'en est pas de même pour les automobiles en général; elles dérapent au lieu de verser quand elles remplissent la condition :

$$h < \frac{b}{2f},$$

$h$ est l'altitude du centre de gravité, $b$ la largeur de la voie et $f$ le coefficient de frottement des pneumatiques sur la route, en travers.

Dans ce même mémoire, M. Marié a montré que, si la force centrifuge ne dépasse pas le double de celle qui ferait verser le même véhicule sur une voie ferrée, la trace laissée par le pneumatique sur la route est élargie à peine d'une façon visible.

Les chauffeurs, même les plus prudents, virent parfois avec une brusquerie telle que la force centrifuge atteint trois à quatre fois la valeur qui ferait verser l'auto sur rails, et, alors, la trace, laissée sur la route, montre un dérapage visible.

Digitized by Google

La petite formule ci-dessus est suffisante pour les autos ordinaires; mais, pour les autobus à impériale, il faut serrer la question de plus près. C'est pourquoi M. Marié apporte ici la même formule perfectionnée de manière à tenir compte de la flexion des ressorts, qui tend à reporter le centre de gravité du côté dangereux.

La nouvelle formule est la suivante : elle exprime encore la condition que doit remplir l'automobile pour qu'elle dérape toujours, au lieu de verser, dans les virages imprudents :

$$h < \frac{b}{2f} - L \cdot \frac{P'}{P} \cdot \frac{k^2 a}{d^2 - ka}$$

avec :

$$L = \frac{f \pm \sin \alpha}{f},$$

*h* est l'altitude du centre de gravité général;

*k*, altitude du centre de gravité du poids suspendu au-dessus du plan des ressorts;

P, poids total de l'automobile;

P′, poids suspendu;

*b*, largeur moyenne de la voie;

*a*, flexion statique moyenne des ressorts, ou produit de leur flexibilité par 100 kg, par leur charge moyenne en quintaux;

*d*, demi-écartement moyen des ressorts d'un même essieu;

*f*, coefficient de frottement des pneus ou bandages sur la route, en travers;

α, angle du dévers de la route.

Dans la valeur de L, le signe + correspond au dévers défavorable et le signe — au dévers favorable.

Les valeurs de *b*, *a* et *d* sont des moyennes géométriques des mêmes données, pour les essieux d'avant et d'arrière, d'après les charges de ces essieux.

M. Marié estime qu'on doit prendre $f = 0{,}50$, chiffre un peu inférieur au maximum des chiffres de M. Arnoux, pour tenir compte des vibrations.

Pour se servir de cette formule, le mieux est de l'appliquer à un type d'autobus ayant bien réussi; on calcule *h* d'après la formule; on mesure la valeur $h_0$ de l'altitude *réelle* du même véhicule; on en déduit la valeur du rapport $\frac{h_0}{h}$ qui est *le coefficient de sécurité* du véhicule en question.

Puis, on applique la valeur du coefficient $\frac{h_0}{h}$, avec la formule, à des autobus qu'on se propose de construire. Cette manière de faire est d'un emploi courant en mécanique appliquée, notamment en résistance des matériaux.

En opérant ainsi, on trouve une valeur de $\frac{h_0}{h}$ peu inférieure à l'unité, pour les autobus à impériale; ces autobus sont donc susceptibles de déraper au lieu de verser, dans les virages imprudents, mais la marge est faible. M. Marié en conclut que, avec ces véhicules, on ne devrait jamais

Digitized by Google

faire des virages à une vitesse qui ferait verser le même véhicule sur une voie ferrée.

M. Marié a pensé qu'il était intéressant de comparer les coefficients d'adhérence et de frottement des bandages des autos avec les mêmes coefficients pour les chemins de fer. Il montre un tableau qui résume les mémorables expériences du capitaine Douglas Galton, faites en 1878-1879. M. Marié est pleinement d'accord avec M. Arnoux pour les chiffres qu'il a donnés, mais il explique les différences avec le cas des chemins de fer.

La formule que M. Marié vient de donner n'exprime *qu'une seule* condition de stabilité de l'automobile, au moment précis où elle commence à déraper au lieu de verser. Quand le véhicule a commencé à déraper, on passe aux phénomènes de dérapage dont M. Arnoux vient de parler dans sa très intéressante communication.

Les études de M. Marié, comme les autres, ne sont que des commencements de théorie du dérapage ; la stabilité des automobiles est une question beaucoup moins avancée que celle des véhicules de chemins de fer. Il serait donc prématuré de tirer de ces études des règles pour la construction des automobiles. Mais il est à désirer que M. Arnoux continue ses intéressantes études, et donne à la Société, ultérieurement, une nouvelle communication à ce sujet; il est à désirer que d'autres Collègues fassent de même. Tous ces renseignements permettront peut-être d'édifier une théorie du dérapage qui servira de base à des perfectionnements des automobiles et des autobus.

M. Marié montre que la question de la suspension des autobus à impériale est très difficile. Il conclut en disant, qu'à son avis, ces véhicules sont appelés à faire, d'ici à quelques années, de grands progrès qui affecteront peut-être leurs formes générales; il serait donc prématuré de fixer, dès à présent, leur type définitif, pour une grande ville.

M. le Président remercie M. Arnoux et M. Marié de leurs très intéressantes communications et cède le fauteuil présidentiel à M. le Président de la 2e Section du Comité (Industrie des Transports).

M. de Fréminville résume, en quelques mots, la question qui vient d'être traitée avec si grande compétence à deux points de vue différents.

Il prend acte de ce que MM. Arnoux et Marié ont volontiers reconnu que les faits qu'ils ont signalés permettent seulement de jeter les bases de théories nouvelles. Il ajoute que les observations relatives aux premières expériences qu'ils ont faites, ne permettent pas encore de poser des règles absolues et un emploi immédiat.

C'est ainsi que le freinage des roues directrices pourrait rencontrer, dans l'application, de sérieuses difficultés et aurait l'inconvénient de priver ces dernières des propriétés essentielles que M. Arnoux a fort bien mis en évidence : propriétés directrices.

Il y aurait aussi des réserves à faire au sujet des effets destructeurs des coups de frein sur les pneumatiques qu'il n'est pas sans inconvénient de reporter sur les roues d'avant. Aussi, la pratique seule démontrera, dans l'avenir, quelle solution doit prévaloir.

Digitized by Google

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. G. Beauniée, P. Chosson, A. Dreux, Ch. Marchand. A. Normand, Ch. Senemaud, R. de Valbreuze, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. J. Cahen, R. Douvry, A. J. Hutchinson, P. Janet, A. Mariage, M. Moret, F. Rouland, J. Royer, P. Schving, T. Vérany, P. Lévy et V. Riera sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

**La séance est levée à 11 heures.**

*L'un des Secrétaires techniques,*

J. Deschamps.

Digitized by Google

# DES

# HUILES A GRAISSER

PAR

**M. Ch. BARON**

---

Un vieux proverbe dit : « Il n'y a personne d'incapable, mais seulement des gens mal employés. » Cet adage pourrait très bien s'appliquer aux huiles à graisser : « Il n'y a pas de mauvaises huiles, mais seulement des huiles mal employées. »

Le travail que nous avons fait est pour permettre aux industriels de connaître les huiles qui leur conviennent le mieux ; nous prions nos lecteurs de ne voir dans notre exposé aucune réclame pour telle ou telle marque d'huile, mais simplement des chiffres rigoureusement exacts et contrôlés des essais de différentes huiles qui ont été soumises à l'examen de techniciens éprouvés.

A part les huiles végétales et animales, qui sont de moins en moins utilisées pour le graissage et réservées pour des emplois spéciaux, les huiles minérales dont on se sert le plus couramment sont les huiles russes et les huiles américaines.

L'huile russe constitue un assez bon graissage ; vulgarisée dans l'industrie, sous le nom d'*oléonaphte*, on en emploie des quantités considérables.

Mais ces huiles, à notre avis, ne peuvent servir au graissage des cylindres et tiroirs des machines à vapeur.

Leur résistance à la chaleur est loin de valoir celle des huiles américaines et leur viscosité leur est bien inférieure.

L'huile russe, ou oléonaphte n° 1, est suffisante pour la lubrification des transmissions et des mouvements des machines-outils tournant lentement et sans pression sur les portées.

Un essai comparatif entre une bonne qualité d'oléonaphte n° 1 marquant à l'ixomètre Barbey un écoulement de 58 cm³ à la température de 35 degrés, et une qualité ordinaire d'huile américaine indiquant, à la même température, un écoulement

Digitized by Google

de 46 $cm^3$, a donné mécaniquement, pour une quantité de 5 gr d'huile, les résultats suivants :

Pour un essai de dix minutes ;

Pour une surface frottante de 30 $cm^2$ ;

Pour une pression de 24 kg par centimètre carré ;

Pour une charge de 720 kg ;

Pour un nombre de tours de 57 par minute, la température observée au départ était de 20 degrés centigrades dans le palier. Au bout de dix minutes, la température s'est élevée pour l'huile américaine à 40 degrés et pour l'huile russe à 50 degrés. Le calcul algébrique a donné pour coefficient de frottement, 0,112 pour le type américain et 0,198 pour le type russe.

Les huiles américaines pour mouvements, Red Engine, Bayonne Engine, Machine Oil et Pittsburg Engine sont donc bien supérieures à l'oléonaphte n° 1 et, à notre avis, un industriel a intérêt, toute proportion gardée, à payer plus cher, aux 100 kg, l'huile américaine qui lui fera un meilleur profit.

La différence que nous signalons, pour le graissage des mouvements extérieurs, est capitale pour le graissage des mouvements intérieurs d'une machine à vapeur. Pour cet emploi, très généralement pour ne pas dire partout, l'huile américaine a pris la place des oléonaphtes n° 0 et 00 et des cylindrines russes qui donnaient un graissage insuffisant pour une consommation relativement considérable.

Il existe plusieurs fractionnements de distillation d'huiles américaines appliquées au graissage des cylindres. Ces qualités d'huile se différencient par leur fluidité et leur couleur ; mais elles n'ont de valeur lubrifiante que proportionnellement à leur neutralité, leur pureté, leur inflammabilité et enfin leur viscosité.

Nous donnons plus loin quelques viscosités à l'ixomètre Barbey de différentes huiles à cylindre.

Une bonne huile à cylindre doit être pure de tout mélange d'huiles animales ou végétales et ne contenir ni acides, ni carbures carbonisés.

La viscosité doit être suffisante pour adhérer continuellement aux surfaces en mouvement ; sa force assez grande pour résister à la pression et son point d'inflammabilité assez élevé pour résister aux plus hautes températures. A titre de documentation, la Marine nationale exige pour le graissage intérieur des machines à haute pression les qualités suivantes :

« L'huile devra être pure et ne contenir aucun mélange

Digitized by Google

d'huile de schiste, de boghead ou de résine; elle devra être exempte de matières étrangères.

» Elle ne devra pas présenter de traces d'eau, sous la condition que l'essai portera sur des huiles qui auront été constamment maintenues à l'abri de l'air dans des récipients fermés.

» Elle sera suffisamment clarifiée pour ne donner, après un repos de quarante-huit heures, aucune matière solide, grumeaux, etc., en dépôt ou en suspension.

» Elle ne devra former aucun grumeau, quand on la fait couler sous forme d'un filet mince.

» Pour déterminer les composés non dissous que l'huile pourrait contenir en suspension, on mélangera 50 cm³ d'huile avec 100 cm³ d'éther; on agitera suffisamment pour dissoudre la totalité de l'huile, puis on filtrera.

» Le résidu du filtre donnera les matières non dissoutes dont la proportion devra être inférieure à 1 0/0.

» L'huile agitée avec son volume d'eau chaude devra laisser cette dernière limpide.

» L'huile ne devra présenter aucune trace d'acide inorganique ou organique. La vérification se fera par l'agitation prolongée (deux heures environ) de l'huile successivement avec son volume d'eau chaude et son volume d'alcool à 90 degrés, chaud. Après l'agitation, l'eau et l'alcool ne devront présenter aucune trace d'acidité.

» On vérifiera que l'huile expérimentée ne renferme ni corps gras, ni savons, en constatant qu'après avoir été chauffée pendant deux heures à 200 degrés, elle n'est pas saponifiable par une lessive de soude à la densité de 1,40.

» Dans un tube d'essai gradué, on versera 18 cm³ de l'huile à essayer. On y ajoutera 5 cm³ d'une lessive de soude à 1,40 de densité. On agitera le mélange que l'on portera dans un bain-marie à la température d'ébullition de l'eau sous la pression atmosphérique. Quand le mélange sera chaud, on l'agitera deux ou trois fois et on laissera reposer dans le bain. Dans ces conditions, on ne devra constater aucune réduction de volume de la soude, laquelle devra d'ailleurs rester absolument limpide.

» On placera dans une capsule 100 gr d'huile minérale; on la portera à la température de 70 degrés. Pendant la période d'échauffement, on ajoutera, en agitant constamment, 5 gr ou 2,8 cm³ d'acide sulfurique à 66 degrés B, on maintiendra la température de 70 degrés pendant une heure. On laissera ensuite

Digitized by Google

refroidir et reposer le mélange. On décantera et on lavera le résidu à l'essence de pétrole jusqu'à ce que celle-ci reste incolore. On évaporera alors l'essence restant et on pèsera le résidu goudronneux. Le poids trouvé ne devra pas être supérieur à 5 gr.

» On s'assurera que l'huile ne contient pas de paraffine. La viscosité de certaines huiles aux basses températures étant trop considérable pour permettre la séparation de la paraffine, on prendra la précaution d'étendre d'abord l'huile à essayer avec de l'essence de pétrole, dans laquelle on la dissoudra. On portera ensuite ce mélange à une température de 10 degrés. La présence de cette matière dans les huiles présentées en recette sera tolérée jusqu'à concurrence de 1 0/0.

» L'huile ne devra présenter aucun indice de siccativité sous l'influence des agents atmosphériques. Maintenue pendant deux heures à la température de 200 degrés à la pression atmosphérique, l'huile ne devra pas perdre plus de 1 0/0 de son poids.

» Essayée à l'appareil Blazy et Luchaire, elle ne devra pas donner de vapeurs inflammables à une température inférieure à 240 degrés. On prendra pour température d'inflammabilité des vapeurs celle à laquelle se produira la première explosion.

» L'huile ne devra pas se congeler à une température supérieure à 6 degrés au-dessous de zéro.

» On mesurera, à l'aide de l'ixomètre Barbey, la quantité d'huile écoulée pendant dix minutes. Elle ne devra pas être supérieure à 300 $cm^3$ à la température de 100 degrés. A la température de 34 degrés, elle devra être comprise entre 6 $cm^3$ et 30 $cm^3$.

» La densité, prise à la température de 30 degrés à l'aide d'un densimètre de précision, devra être comprise entre 0.870 et 0.900. »

Nous avons dû donner ces conditions de recette pour permettre aux industriels possesseurs d'importantes machines à vapeur d'examiner et d'essayer leurs huiles à cylindre.

Aujourd'hui, où presque toutes les machines à vapeur sont graissées avec des appareils compte-gouttes automatiques, nous avons pu dresser un tableau diagramme rigoureusement exact et comparé sur plus de vingt types de machines à vapeur, établissant la consommation d'une huile américaine étalon, pour le graissage normal des cylindres et tiroirs d'une machine à vapeur.

L'huile essayée est la qualité dite « Valvoil N » de la Pittsburg Lubricating Oil ; nous donnons dans un tableau de viscosité ses constances physiques.

Digitized by Google

## Courbes de fluidité.

*Tableau indiquant les densités, inflammabilité et combustibilité, ainsi que les viscosités à l'ixomètre Barbey aux températures de 35-50-75-100 et 150 degrés centigrades, de quelques types d'huiles végétales et minérales russes et américaines.*

| QUALITÉ DES ÉCHANTILLONS | DENSITÉ à + 15 degrés | VAPEURS inflammables | POINT de combustibilité | VISCOSITÉ A L'IXOMÈTRE BARBEY | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | à 35 degrés | à 50 degrés | à 75 degrés | à 100 degrés | à 150 degrés |
| 885 spindle | 0,885 | » | » | 274 | » | » | » | » |
| Machinery | 0,905 | » | » | 125 | » | » | » | » |
| Oleonaphte II. | 0,898 | » | 190 | 120 | » | » | » | » |
| Oleonaphte I | 0,906 | 165 | 200 | 58 | 133 » | 348 | 710 | » |
| Red Engine. | 0,910 | » | 199 | 46 | 157 » | » | 750 | » |
| Bayonne Engine | 0,914 | 211 | 250 | 44 | 149,5 | » | 725 | » |
| Olive à graisser. | 0,916 | » | » | 125 | 208 » | 400 | 700 | » |
| Marine Compound oil | » | » | » | 42,6 | 103 » | » | 610 | » |
| Colza pur | 0,915 | » | » | 100 | 161 » | 340 | 570 | » |
| Valvoline. | 0,882 | » | » | 19 | 39 » | 110 | 540 | » |
| Machine oil. | 0,908 | 198 | 229 | 42 | 84 » | » | 536 | » |
| Pittsburg Engine | 0,910 | 213 | 244 | 40 | 74 » | 240 | 502 | » |
| Mazout russe | 0,912 | » | » | 38 | 82 » | 220 | 500 | » |
| Huile pour automobiles B | 0,905 | 172 | 193 | 43 | 95,5 | » | 452 | » |
| Huile de Dion-Bouton | 0,905 | 212 | 265 | 32 | 52,5 | » | 368 | » |
| Valvoil N. | 0,905 | 273 | + 360 | 6 | 18,5 | 45 | 155 | 369 |
| Valvoil NN | 0,905 | 290 | + 370 | 5 | 17 » | » | 139 | 367 |

Digitized by Google

Par le moyen de ce tableau, après avoir fait analyser et essayer une huile ayant un point de combustibilité de 360 degrés, une viscosité de 5 à 7 à 35 degrés, de 18 à 20 à 50 degrés, de 45 à 50 à 75 degrés, de 155 à 170 à 100 degrés, et de 369 à 150 degrés, un industriel sera certain d'avoir la meilleure des huiles à cylindre; il pourra connaître la consommation mensuelle de sa machine et, avec le prix, il en établira la dépense.

L'appareil de M. L. Barbey est, à notre avis, le plus pratique connu et celui qui donne l'indication la plus précise de la viscosité d'une huile.

Dans cet appareil, appelé ixomètre, l'écoulement du liquide se produit par un ajutage à la fois long et pour ainsi dire capillaire, mais qui présente pourtant, grâce à un subterfuge, de très grandes facilités de nettoyage et de construction. Ce résultat est obtenu en faisant couler l'huile à essayer par un tube de 5 mm de diamètre, calibré intérieurement et dans lequel on a introduit une tige en acier étiré de 4 mm de diamètre, également calibrée et maintenue par son axe bien au centre du tube. On constitue ainsi un espace libre, à section annulaire et capillaire d'un demi-millimètre de large sur une longueur de 0,20 m.

C'est par cet espace resserré que doit s'écouler l'huile en expérience, toutes ses molécules se trouvant en contact avec les surfaces. La résistance ainsi créée à l'écoulement est très notable et l'influence de la viscosité atteint son maximum; on se trouve donc dans les meilleures conditions de sensibilité. Cependant le dispositif est facilement réalisable et la construction d'appareils donnant des résultats concordants devient possible.

De plus, la viscosité est établie dans les conditions suivantes qui sont parfaitement déterminées :

1° Température constante pendant toute la durée de l'expérience;

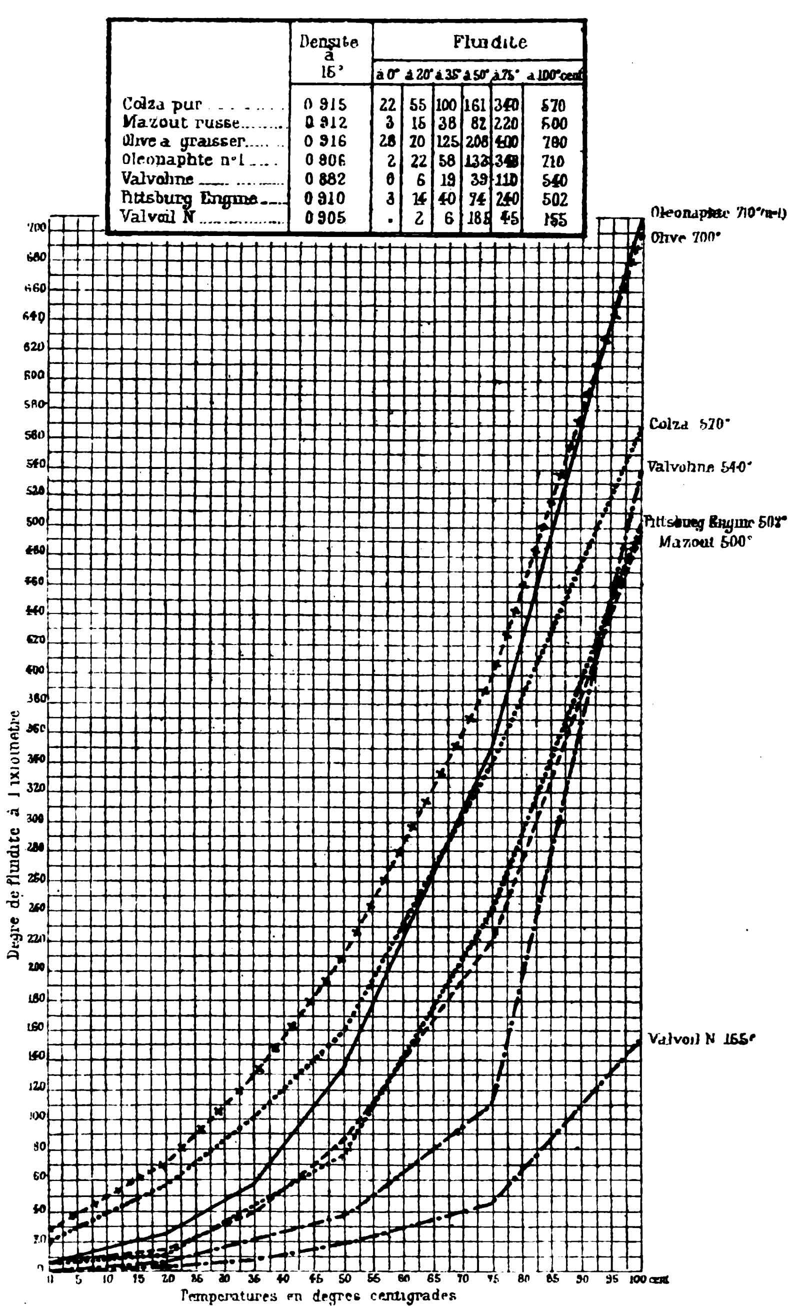
2° Pression constante, due à une colonne du liquide expérimenté ayant 100 mm de hauteur;

3° Durée de l'expérience constante;

4° Mesure, à la température de l'expérience, du volume variable d'huile écoulée, afin que les chiffres relevés permettent, pour chaque température, la comparaison des volumes réels des liquides ayant passé par l'appareil, sans qu'il soit nécessaire de faire des calculs pour tenir compte de la dilatation desdits liquides. Comme ce sont les résultats fournis par les diverses huiles à une même température qu'il importe de comparer, on n'a pas

Digitized by Google

## Courbes de fluidité




| | Densite à 15° | Fluidite | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | à 0° | à 20° | à 35° | à 50° | à 75° | à 100° cent |
| Colza pur | 0 915 | 22 | 55 | 100 | 161 | 340 | 570 |
| Mazout russe | 0 912 | 3 | 15 | 38 | 82 | 220 | 500 |
| Olive à graisser | 0 916 | 28 | 70 | 125 | 208 | 400 | 700 |
| Oleonaphte n°1 | 0 806 | 2 | 22 | 58 | 133 | 348 | 710 |
| Valvohne | 0 882 | 0 | 6 | 19 | 39 | 110 | 540 |
| Pittsburg Engine | 0 910 | 3 | 14 | 40 | 74 | 240 | 502 |
| Valvoil N | 0 905 | . | 2 | 6 | 18 5 | 45 | 155 |

Digitized by Google

# Tableau de Consommation de l'Huile Valvoil N (Infbl.e 700° Farenheit, 376° Cent)

Course du piston

| 130 | 120 | 110 | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 |  | 70 |  | 65 |  | 60 |  | 55 |  | 50 |  | 45 |  | 40 |  | 35 |  | 30 |  | 25 |  | 20 |  | 15 |  | 10 | Diamètre du cylindre à haute pression |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 166 | 180 |  |  |  |  |  |  | 93 |  | 88 |  | 83 |  | 78 |  | 72 |  | 67 |  | 62 |  | 57 |  | 52 |  | 47 |  | 41 |  | 36 |  | 32 |  | 26 | 21 | 15 |  |  |  |  |
| 160 | 173 | 189 |  |  |  |  |  | 98 |  | 92 |  | 86 |  | 81 |  | 75 |  | 70 |  | 65 |  | 59 |  | 53 |  | 48 |  | 43 |  | 38 |  | 33 |  | 27 | 22 | 16 |  |  |  |  |
| 154 | 166 | 182 | 200 |  |  |  |  | 100 |  | 95 |  | 90 |  | 84 |  | 78 |  | 73 |  | 67 |  | 62 |  | 56 |  | 50 |  | 45 |  | 39 |  | 34 |  | 28 | 23 | 16 |  |  |  |  |
| 147 | 160 | 174 | 192 | 202 |  |  |  |  |  | 99 |  | 93 |  | 88 |  | 82 |  | 76 |  | 70 |  | 64 |  | 58 |  | 53 |  | 47 |  | 41 |  | 35 |  | 29 | 24 | 17 | 12 |  |  |  |
| 141 | 154 | 167 | 184 | 194 | 204 |  |  |  |  | 103 |  | 97 |  | 81 |  | 85 |  | 79 |  | 73 |  | 67 |  | 61 |  | 55 |  | 49 |  | 43 |  | 36 |  | 30 | 25 | 18 | 12 |  |  |  |
| 135 | 147 | 160 | 176 | 185 | 196 | 207 |  |  |  |  |  | 102 |  | 96 |  | 89 |  | 88 |  | 76 |  | 70 |  | 64 |  | 57 |  | 51 |  | 45 |  | 38 |  | 32 | 26 | 19 | 13 |  |  |  |
| 130 | 140 | 152 | 168 | 177 | 187 | 198 |  |  |  |  |  | 107 |  | 100 |  | 93 |  | 89 |  | 80 |  | 73 |  | 67 |  | 60 |  | 53 |  | 47 |  | 40 |  | 33 | 27 | 20 | 13 |  |  |  |
| 123 | 133 | 145 | 160 | 168 | 178 | 188 | 200 |  |  |  |  | 112 |  | 105 |  | 98 |  | 91 |  | 84 |  | 77 |  | 70 |  | 63 |  | 56 |  | 49 |  | 42 |  | 35 | 28 | 21 | 14 |  |  |  |
| 116 | 127 | 137 | 152 | 160 | 169 | 179 | 190 |  |  |  |  |  |  | 110 |  | 103 |  | 96 |  | 88 |  | 81 |  | 74 |  | 66 |  | 59 |  | 52 |  | 44 |  | 37 | 29 | 22 | 15 |  |  |  |
| 110 | 120 | 130 | 144 | 151 | 160 | 169 | 180 |  | 190 |  |  |  |  |  |  | 109 |  | 101 |  | 93 |  | 86 |  | 78 |  | 70 |  | 62 |  | 54 |  | 47 |  | 39 | 31 | 23 | 16 |  |  |  |
| 104 | 113 | 124 | 136 | 143 | 151 | 160 | 170 |  | 181 |  | 194 |  |  |  |  | 115 |  | 110 |  | 99 |  | 90 |  | 82 |  | 74 |  | 66 |  | 58 |  | 50 |  | 41 | 33 | 25 | 17 |  |  |  |
|  | 107 | 116 | 128 | 134 | 142 | 151 | 160 |  | 170 |  | 182 |  |  |  |  |  |  | 114 |  | 105 |  | 93 |  | 88 |  | 78 |  | 70 |  | 61 |  | 53 |  | 44 | 35 | 27 | 18 |  |  |  |
|  | 100 | 109 | 120 | 126 | 133 | 141 | 150 |  | 160 |  | 170 |  | 184 |  |  |  |  |  |  | 112 |  | 103 |  | 93 |  | 84 |  | 75 |  | 65 |  | 56 |  | 47 | 37 | 28 | 19 |  |  |  |
|  |  | 101 | 112 | 117 | 124 | 132 | 140 |  | 149 |  | 160 |  | 172 |  | 187 |  |  |  |  | 120 |  | 110 |  | 100 |  | 90 |  | 80 |  | 70 |  | 60 |  | 50 | 40 | 30 | 20 |  |  |  |
|  |  | 95 | 104 | 109 | 116 | 122 | 130 |  | 139 |  | 149 |  | 160 |  | 173 |  |  |  |  |  |  | 118 |  | 108 |  | 97 |  | 86 |  | 75 |  | 65 |  | 54 | 43 | 32 | 21 |  |  |  |
|  |  | 87 | 96 | 100 | 107 | 113 | 120 |  | 127 |  | 137 |  | 147 |  | 160 |  | 174 |  |  |  |  | 128 |  | 119 |  | 105 |  | 93 |  | 82 |  | 70 |  | 58 | 47 | 35 | 23 | 12 |  |  |
|  |  |  | 88 | 92 | 98 | 104 | 110 |  | 117 |  | 126 |  | 135 |  | 147 |  | 160 |  |  |  |  |  |  | 127 |  | 114 |  | 102 |  | 89 |  | 76 |  | 64 | 51 | 38 | 25 | 13 |  |  |
|  |  |  | 80 | 84 | 90 | 94 | 100 |  | 106 |  | 114 |  | 123 |  | 133 |  | 145 |  | 160 |  |  |  |  |  |  | 126 |  | 112 |  | 88 |  | 84 |  | 70 | 56 | 42 | 28 | 14 |  |  |
|  |  |  |  | 76 | 80 | 85 | 90 |  | 96 |  | 103 |  | 111 |  | 120 |  | 131 |  | 144 |  | 160 |  |  |  |  |  |  | 124 |  | 110 |  | 93 |  | 78 | 62 | 47 | 31 | 16 |  |  |
|  |  |  |  |  | 71 | 75 | 80 |  | 85 |  | 91 |  | 98 |  | 107 |  | 117 |  | 128 |  | 142 |  | 160 |  |  |  |  |  |  | 122 |  | 105 |  | 88 | 70 | 53 | 36 | 18 |  |  |
|  |  |  |  |  |  | 66 | 70 |  | 74 |  | 80 |  | 86 |  | 95 |  | 102 |  | 112 |  | 125 |  | 140 |  |  |  |  |  |  |  |  | 120 |  | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | 60 |  | 64 |  | 69 |  | 74 |  | 86 |  | 87 |  | 96 |  | 107 |  | 120 |  | 137 |  |  |  |  |  |  |  |  | 117 | 93 | 70 | 47 | 23 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 53 |  | 57 |  | 62 |  | 67 |  | 73 |  | 80 |  | 89 |  | 100 |  | 114 |  | 133 |  |  |  |  |  |  | 140 | 112 | 84 | 56 | 28 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 46 |  | 49 |  | 53 |  | 58 |  | 64 |  | 71 |  | 80 |  | 91 |  | 107 |  | 128 |  |  |  |  |  | 140 | 105 | 70 | 35 | 18 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 37 |  | 40 |  | 44 |  | 48 |  | 53 |  | 60 |  | 68 |  | 80 |  | 96 |  | 120 |  |  |  | 187 | 140 | 93 | 47 | 23 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 27 |  | 29 |  | 32 |  | 36 |  | 40 |  | 46 |  | 58 |  | 64 |  | 80 |  | 107 |  | 280 | 210 | 140 | 70 | 35 | 18 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 15 |  | 16 |  | 18 |  | 20 |  | 23 |  | 27 |  | 32 |  | 40 |  | 53 |  | 560 | 420 | 280 | 140 | 70 | 35 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 10 |  | 11 |  | 13 |  | 16 |  | 20 |  | 26 |  |  | 840 | 560 | 280 | 140 | 70 |

Nombre de tours par minute

20 18 16 14 12 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Pression en Kilogr. par Centim.²

15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2

(300gr.) 20

(270) 18

(240) 16

(210) 14

(180) 12

½ ¼

Gouttes à la minute: 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 ½ ¼

Grammes à l'heure: 150 135 120 105 90 75 60 45 30 15 7̲5 38

## Fonctionnement du Tableau

Connaître : Diamètre du Cylindre, course, nombre de tours, pression de la vapeur.

Prendre le diamètre du cylindre dans les Nos du haut ; descendre verticalement jusqu'à la course (chiffres maigres).

Se déplacer horizontalement jusqu'au nombre de tours (chiffres gras) ; descendre de nouveau verticalement jusqu'à la rencontre de la ligne horizontale de la pression. La position du croisement relativement à la ligne (grasse) oblique la plus rapprochée représente la quantité suffisante en gouttes à la minute ou grammes à l'heure.

**NOTA :** — Les quantités indiquées par ce tableau sont des Maxima ; elles s'appliquent de la manière suivante :

1° Sans réduction : Pour les machines horizontales à tiroirs plans

2° Avec réduction de 5 % : Pour les machines verticales à tiroirs plans

3° Avec réduction de 10 % : Pour les machines horizontales à tiroirs cylindriques

4° Avec réduction de 20 % : Pour les machines horizontales à soupapes et pour les machines verticales à tiroirs cylindriques.

5° Avec réduction de 25 % : Pour les machines verticales à soupapes

Pour les machines à double ou triple expansion ajouter aux quantités calculées suivant les indications ci-dessus 15 % pour chaque cylindre de détente.

à tenir compte de la dilatation de l'appareil ni de celle du tube gradué.

On voit, d'après l'énoncé qui précède, que c'est la mesure du volume de l'huile qui s'est écoulée dans un tube gradué qui sert à déterminer la viscosité. Celle-ci étant inversement proportionnelle à la fluidité, la graduation qui va en augmentant dans le tube, indiquera donc des degrés de fluidité. L'unité adoptée est le volume de 1 $cm^3$, en rapportant la durée de chaque expérience à une heure.

Le degré de fluidité d'une huile à une température donnée est donc : le nombre de centimètres cubes écoulés pendant une heure, et mesurés à la température de l'expérience.

Il n'y a pas nécessairement de rapport constant entre les viscosités aux différentes températures, telle huile très épaisse à 35 ou 50 degrés est très fluide à 100 degrés; telle autre est relativement moins fluide à 100 degrés.

Ce sont précisément les variations en rapport aux différentes températures qui permettent de se rendre compte des qualités des huiles.

---



Digitized by Google

# LE PAPIER

ET

# SA FABRICATION A TRAVERS LES AGES [1]

PAR

M. A. BLANCHET

---

## I

### Découverte de l'art de faire le papier. Origine et développement de l'industrie papetière en France.

L'histoire des civilisations auxquelles se rattache la nôtre nous a fait connaître les diverses substances qui ont successivement servi aux hommes pour transcrire leur pensée ou leur parole.

Notre langage lui-même nous rappelle ces usages depuis si longtemps disparus.

La feuille de papier nous remet en mémoire les feuilles des arbres sur lesquelles la sibylle de Cumes traçait ses oracles; le livre nous fait souvenir que le liber de certains arbres fut employé à son tour; le mot volume nous ramène par son étymologie aux volumina, à ces rouleaux de plomb qui garnissaient les bibliothèques déjà riches des lettrés romains; au mot style, notre imagination évoque Cicéron, Horace et nos clercs du moyen âge, penchés sur leurs tablettes de cire, le style à la main.

Le papyrus a cédé au papier sa place et son nom.

Le papyrus, et plus longtemps encore le parchemin, apportèrent de réelles facilités à l'écrivain; leur préparation était déjà complexe : celle du papyrus l'était au point qu'un auteur italien a cru trouver dans le récit très détaillé qu'en fait Pline la preuve que celui-ci avait vu fabriquer du papier.

Mais l'ouvrier égyptien soumettait à des traitements délicats

(1) Voir Planches 139 et 140.

Digitized by Google

et multiples un tissu qu'il détachait tout formé des tiges d'un arbrisseau grandi sur les rives du Nil; il n'en avait pas tout d'abord séparé les éléments constitutifs, les fibres, pour avec eux produire une entité nouvelle.

Or ce double travail est celui du papetier.

Nous savons aujourd'hui où, quand et par qui a été découvert l'art de faire le papier, art qui a doté l'humanité d'un merveilleux instrument de civilisation, de grandeur morale et intellectuelle et aussi de bonheur.

L'inventeur du papier, Tsai-Loune, vivait en Chine au temps de la dynastie des Han postérieurs. L'histoire de cette dynastie, le Héou-Han-Chou, nous fait connaître sa vie, ses travaux et ses découvertes :

« Tsai-Loune, surnommé King-Tchong, est originaire de la » préfecture de Kouei-Yang (province actuelle de Hou-Han).

» Dans les temps anciens, les inscriptions étaient généralement » tracées sur un morceau de bambou ou sur une pièce de soie » qui prenait alors le nom de Tché (papier); mais la soie étant » coûteuse et le bambou étant lourd, ces deux matières n'étaient » pas d'un emploi commode. Tsai-Loune imagina de fabriquer » du papier avec de l'écorce d'arbre, des débris de chanvre, de » vieux chiffons et des filets de pêche.

» Il fit un rapport à l'empereur, la première année du règne » de Yuan-Hing (an 105 de l'ère chrétienne) sur ses procédés de » fabrication et reçut de grands compliments sur son habileté.

» Depuis ce jour, le papier est en usage dans le monde en» tier : on l'appelait alors Tsaï-ho-tché (le papier de Tsai» Loune) ».

Des honneurs de tous genres furent accordés à Tsai-Loune, mais, cédant à de hautes sollicitations, il eut la faiblesse de répandre des bruits calomnieux sur le compte de la grand'mère de An-Ti qui devait bientôt monter sur le trône. « Invité à se » justifier devant le Tribunal, Tsai-Loune, dit son biographe, » éprouva de si grands remords de sa faute, une telle honte, » qu'après avoir pris un bain et s'être habillé convenablement, » il s'empoisonna. »

De nombreux ouvrages chinois mentionnent l'invention de Tsai-Loune; j'ai choisi cette citation à cause de l'autorité historique universellement reconnue du livre auquel elle est empruntée.

Quelques auteurs, tout en louant fort les perfectionnements

Digitized by Google

introduits par Tsai-Loune dans la fabrication du papier, nient qu'il fût l'inventeur de l'art du papetier. Ils invoquent, pour soutenir leur opinion, l'existence d'un certain papier dont en l'an 100, c'est-à-dire cinq ans avant la date à laquelle Tsai-Loune adressait son rapport à l'empereur, on écrivait le nom avec trois caractères : celui de la soie, celui de l'action de broyer et celui de l'étoffe.

On sait, en effet, que l'écriture chinoise ne se compose pas de lettres proprement dites : elle emploie des caractères, radicaux ou clefs, qui sont dépourvus de toute valeur phonétique et représentent uniquement une idée. La façon dont le langage fait connaître un objet peut rester la même, mais si cet objet a subi quelque modification intéressante à rappeler, l'écrivain mettra le fait en évidence : c'est ainsi que, dans ce cas particulier, il nous apprendra comment le papier a été obtenu. Un lecteur, lisant à haute voix, prononcera papier, mais, pénétrant le sens des caractères employés, dira mentalement : « papier de l'étoffe de soie broyée ». C'était là certainement un véritable papier.

Mais il n'est point démontré que cette invention soit distincte de celle de Tsai-Loune. Les textes invoqués sont très obscurs et comportent plusieurs interprétations. Le chiffon de soie donnait facilement dans un mortier de la pâte propre à faire du papier et ce mode de fabrication a pu être mis immédiatement en usage. Il en allait tout autrement des substances dont, cinq ans plus tard, Tsai-Loune indiquait l'emploi et qui exigeaient tous les traitements préparatoires encore imposés à nos matières premières.

Les résultats qu'il obtint alors méritaient d'être solennellement annoncés à l'empereur puisqu'ils permettaient de fabriquer du papier à bas prix et en quantité illimitée.

Le peuple et les souverains chinois ont d'ailleurs vu, dans le mortier même de Tsai-Loune, le symbole d'une industrie nouvelle qui était son œuvre et reconnurent ainsi à cet inventeur le mérite d'avoir le premier soumis au pilon des substances qui fourniraient au papier les éléments de sa constitution.

Six siècles plus tard, sous la dynastie des Tang, ce mortier célèbre, pieusement conservé près du château jadis occupé par Tsai-Loune, fut offert à l'empereur et accepté par lui en paiement de l'impôt. Les honneurs rendus à ce modeste outil, dont archivistes et chroniqueurs mentionnent tous l'existence et qui avait acquis une valeur historique suffisante pour tenir lieu de

Digitized by Google

tribut, marquent à la fois le rôle assigné à Tsai-Loune dans l'invention de l'industrie papetière et le prix attaché à sa découverte.

Le peuple qui devait faire connaître à l'Occident l'invention de Tsai-Loune fut le peuple arabe. Au commencement du VIII^e siècle il avait envahi l'ancien empire des Sassanides, mais son autorité restait mal assurée dans ces lointaines régions. Deux princes indigènes se prirent de querelle, l'un d'eux appela à son secours la Chine, qui, la paix rétablie, voulut saisir cette occasion d'établir sa suprématie sur le territoire des deux rivaux. Cette prétention la mit aux prises avec les Arabes jaloux de reculer encore les bornes de leur empire.

Une bataille sanglante, livrée en juillet 751, près de la ville de Kangli, sur les bords de la rivière Tharaz, dans le Turkestan actuel, se termina par la déroute des Chinois, qui laissèrent entre les mains des vainqueurs de nombreux prisonniers. Parmi ceux-ci se trouvaient des papetiers de profession : emmenés en captivité à Samarcande, ils furent invités à y exercer leur métier.

La civilisation arabe était alors dans sa fleur. On touchait aux beaux jours de Haroun-Al-Raschid, et poètes et savants affluaient à Bagdad. Le papier, instrument nécessaire de diffusion intellectuelle, arrivait à son heure. Tout d'abord, fabriqué à Samarcande, il le fut bientôt à Bagdad. Sous Haroun-Al-Raschid, il fit son entrée à la Chancellerie du Califat. Le Grand-Vizir Djchaffar mérita la gratitude des papetiers qui donnèrent son nom à une qualité de papier « el Djchaffarijj » comme le devaient faire un jour leurs successeurs français quand, pour rendre hommage à Michel Le Tellier, ils nommèrent un de leurs formats « La Tellière ». Les fabriques se multipliaient : à Damas, elles devinrent particulièrement célèbres et, pendant le moyen âge, envoyèrent en Europe leurs produits avec leur nom d'origine (carta damascena).

La connaissance de l'art du papetier se répandit avec la domination musulmane : elle allait longer les côtes de la Méditerranée.

La terre d'Égypte, qui a livré à l'archéologie, fidèlement gardés contre les injures du temps, des témoins si précieux des civilisations anciennes, a également fourni à l'histoire du papier, des documents d'incomparable valeur. Au cours de l'hiver 1877-1878, on découvrit près de Médinet-el-Fayoum, d'énormes lots

Digitized by Google

de papyrus et de papier, plus de 100 000 pièces appartenant à 1 270 années. Ils sont aujourd'hui conservés à Vienne, dans la collection de l'archiduc Régnier. Leur examen a permis de préciser l'époque à laquelle le papier a supplanté le papyrus.

Parmi les échantillons recueillis et dépouillés :

Au IIe siècle de l'Hégire (719 à 815) on ne rencontre que du papyrus;

Au IIIe siècle (816 à 912) on trouve 96 pièces en papyrus, 24 en papier;

Au IVe siècle (913 à 1009), 9 documents en papyrus, 77 en papier.

Au Ve siècle (1010 à 1106) le papyrus a disparu.

Une lettre écrite au IXe siècle sur papyrus nous apprendra quel était alors l'usage du papier. Je traduis l'analyse que M. Karabacek, l'éminent professeur d'arabe à Vienne, dont les travaux ont fait la lumière sur ces questions, a donnée de cette intéressante missive et les commentaires dont il l'accompagne.

Documents arabes : 883-895 ap. J. C. n° 845 de la collection.

LETTRE

« L'auteur de ces lignes demande à son correspondant de décider un malheureux qui avait reçu des secours d'un généreux bienfaiteur à offrir à celui-ci l'expression de sa reconnaissance. Au commencement de la lettre, avant les vœux habituels, on lit : « Pardon pour le papyrus ».

» Comme le papyrus dont il s'agit, paraît, par sa conservation parfaite et ses dimensions, avoir été d'une qualité excellente, l'excuse de l'écrivain ne peut viser l'infériorité du papyrus employé : elle est motivée par l'emploi même du papyrus pour écrire. Les conclusions s'imposent : dans la deuxième moitié du IXe siècle, le papier constituait pour écrire un objet de luxe; il était convenable, pour certaines personnalités et en certains cas, de se servir du papier à la mode ».

Le papier fut promptement utilisé pour des services plus vulgaires. Un voyageur persan, Nasiri-Kosran (1035 à 1042), s'étonne de voir au Caire « les marchands de légumes, d'épicerie, de quincaillerie, se servir de papier dans lequel tout ce qu'ils vendent se trouve déjà enveloppé ou l'est aussitôt : les acheteurs n'ont point à se préoccuper de garantir ce qu'ils viennent d'acheter. »

Digitized by Google

Les fabricants égyptiens produisaient des papiers de formats et de poids bien différents.

M. Karabacek cite un papier de dimensions minimes, 61 mm sur 91 mm, appelé papier d'oiseau, et destiné aux messages que l'on confiait aux pigeons voyageurs.

Nous connaissons la matière avec laquelle on fabriquait ces papiers, par le récit d'un marchand de Bagdad, Abd-el-Latif : il raconte avoir vu en 1200 « Bédouins et fellahs qui fouillaient les nécropoles pour recueillir les bandelettes des momies et quand ces bandelettes ne pouvaient être utilisées pour leur vêtement, les vendaient aux fabricants pour en faire des papiers destinés aux débitants d'épices ».

Nous la connaissons mieux encore par l'étude microscopique qu'a faite de ces papiers M. le professeur Wiesner, de Vienne. Dans tous a été révélée la présence de fibres de lin et de chanvre ; parfois apparaissent des traces de laine et de soie et ces traces nous rappellent les fines étoffes de lin enrichies de broderies de couleur que portaient les danseuses d'Antinoé et que vous avez pu voir aux expositions du musée Guimet. Dans certains papiers, demeurent visibles au microscope des fragments de tissu échappés au pilon des papetiers.

C'est donc avec des chiffons que se faisaient les vieux papiers d'Orient. L'opinion que ces papiers étaient composés de coton brut, opinion fondée sur leur apparence et, jusque dans ces derniers temps, enseignée dans tous les cours de paléographie, a été reléguée dans le domaine des légendes à la suite des savants travaux de MM. Briquet, de Genève, Karabacek et Wiesner, de Vienne.

Le collage, qui rendait le papier susceptible de recevoir l'écriture, était obtenu avec de l'amidon de froment. C'est à cette substance que recommandait de recourir un auteur arabe qui a écrit au xi[e] siècle le premier traité sur l'art de faire le papier et dont le livre est intitulé : *l'Appui et l'armure de l'écrivain*. Là encore les conclusions, auxquelles M. Wiesner est arrivé dans son laboratoire, concordent avec les récits contemporains.

Venus de l'Yemen où l'industrie papetière était pratiquée, les Almoravides la transportèrent à Fez. Quand, en 1145, cette ville fut menacée d'être envahie par les Almohades, farouches ennemis de tout luxe dans le culte, les habitants recouvrirent de papier les fines ciselures du Mihrab de leur mosquée, et ce papier fut assez solide pour recevoir et garder une couche de plâtre.

Digitized by Google

Les pilons n'étaient plus soulevés à bras d'hommes, mais mus par des moteurs hydrauliques. Vers 1184, et jusqu'en 1213, on comptait, à Fez, 400 moulins à papier.

Avec les Arabes, la fabrication s'implanta en Espagne. En 1150, El-Edrisi décrit en ces termes la ville de Xativa, située près de Valence : « Xativa est une jolie ville, avec des châteaux dont la beauté et la force sont devenues proverbiales. On y prépare du papier comme on n'en peut trouver dans l'univers civilisé et on l'expédie à l'Orient et à l'Occident. »

Majance, auteur espagnol du XVIIIe siècle, estimait que les livres en papier étaient nombreux dans sa patrie au commencement du XIIe siècle. En 1238, au lendemain de la prise de Valence, Jacques le Conquérant établissait un impôt sur le papier; un décret rendu par le même souverain, en février 1273, marque que les fabricants de papier de Xativa étaient des juifs sarrasins.

Protégés par les Almoravides et par les rois catholiques, les juifs furent malmenés par les Almohades, et, fuyant devant eux, se réfugièrent dans le nord de l'Espagne. Un auteur israélite indique, d'après les historiens de sa race, comme particulièrement florissantes, les communautés juives fondées à Gérone et à Manrèse. D'autre part, M. de Bafarull, archiviste de la couronne d'Aragon, signale ces deux villes comme des centres papetiers existant au cours du XIIe siècle. Cette coïncidence semble montrer que les juifs s'empressaient d'exercer dans les lieux où la persécution les obligeait à se réfugier une industrie qu'ils avaient pratiquée avec succès à Xativa.

C'est au XIIIe siècle que l'Italie entreprit la fabrication du papier. Dès 1276 existent, à Fabriano, ville située dans la province d'Ancône, des papeteries dont l'importance va croître pendant de longues années; cette petite ville devient l'école des papetiers d'Italie; ses procédés de fabrication sont célèbres; là prend son origine l'habitude d'imprimer dans le corps du papier un signe qui marque sa qualité et fait connaître le nom des fabricants; de ses moulins sortent des maîtres qui portent à Bologne et à Venise un art dont les progrès s'affirment rapidement. En 1900, M. le professeur Zonghi, de Fabriano, avait envoyé à notre exposition rétrospective une collection, certainement unique au monde, de feuilles classées année par année et révélant ce que fut cette fabrication de 1276 à 1597.

Les noms des premiers papiers que nous trouvons mentionnés

Digitized by Google

dans nos vieilles archives rappellent leur origine : on cite le catalan et le lombard.

Les juifs, chassés du sud de l'Espagne, passèrent les Pyrénées pour se réfugier dans le Languedoc où ils furent accueillis avec faveur : à Lunel, à Béziers, à Carcassonne, des communautés juives devinrent fortes et puissantes. Transportèrent-ils sur notre sol de France l'industrie qu'ils avaient exercée à Xativa et probablement implantée à Gérone et à Manrèse? Aucun document ne permet de l'affirmer.

Toujours est-il que l'usage du papier était, dès le commencement du XIII<sup>e</sup> siècle, très répandu dans le midi de la France; il l'était certainement bien plus que dans le nord et à Paris même. C'est sur du papier qu'Alphonse de Poitiers écrit à son frère saint Louis et inscrit ses dépenses (1249-1269). C'est du papier qui compose le registre de la Commanderie de Malte à Toulouse (1275), les cahiers de la douane de Bordeaux; les notaires dauphinois y recourent pour les actes, ainsi qu'il est permis de le voir aux archives départementales de Grenoble.

Le voisinage de l'Espagne et de l'Italie rendait à coup sûr les approvisionnements dans la partie méridionale de notre pays relativement faciles. En 1365, un fabricant de Fabriano envoyait encore des papiers à Aigues-Mortes.

Mais, quand une marchandise est demandée, que la façon de la produire est connue, que les matières premières dont on la tire sont faciles à recueillir, que les ouvriers sont là, on a vu de tout temps surgir des industries nouvelles; je crois donc que nous trouverons quelque jour, dans des archives de notaire, la preuve que le XIII<sup>e</sup> siècle a vu naître une ou plusieurs papeteries près de nos frontières italienne ou espagnole.

Déjà, dans le cartulaire, encore en cours de publication, des abbayes d'Aniane et de Gellone, on a découvert un document établissant qu'en l'année 1345 l'abbé de Saint-Guilhem accorde la permission d'établir ou de rétablir divers moulins, dont des moulins à papier, dans le tènement de Rieu-Cabri, sur l'Hérault. L'abbaye de Saint-Guilhem appartenait alors aux bénédictins qui, au témoignage de Pierre le Vénérable, l'un d'eux, usaient, dès 1141, de livres en papier.

Au commencement du XIV<sup>e</sup> siècle, et cette fois nous nous trouvons en face de dates certaines, un premier moulin à papier se fondait à Troyes. L'an 1337, un chanoine de la cathédrale achetait le moulin le Roy, bien probablement pour y établir une

Digitized by Google

papeterie, puisque, huit ans plus tard, le roi Philippe déchargeait ce moulin qualifié de moulin à papier, de la rente dont il était grevé.

Le développement de l'industrie papetière fut singulièrement rapide en Champagne.

Les papetiers de Troyes furent, depuis 1355, les fournisseurs de l'Université de Paris. Quand en 1415 deux d'entre eux sollicitèrent d'elle la solennelle déclaration qu'ils comptaient parmi ses suppôts, ils invoquaient des relations vieilles de plus de soixante ans. Leur marchandise avait remplacé, disaient-ils, celle qu'apportaient à grands frais les marchands de Lombardie. La substitution courante du papier au parchemin avait dû se faire après 1339, date à laquelle l'Université de Paris envoya à Rome une députation de ses suppôts : libraires, parcheminiers, enlumineurs et écrivains figurent parmi les voyageurs; aucune place n'était assignée aux papetiers.

La renommée du papier de Troyes franchit les frontières et le fit rechercher sur les marchés d'Allemagne; en 1368, le trésorier du pays de Gueldre achetait à la foire de Cologne « une main de papier de Troyes ».

Ces papeteries étaient nombreuses et florissantes quand Charles VIII vint visiter sa bonne Ville. Les maîtres, dont l'habileté jetait un réel éclat sur la cité, voulurent se distinguer dans la réception faite au Roy, et l'un d'eux, Nicolas le Bé, célèbre en vers l'entrée triomphale du souverain :

Au mois de may que toutes belles fleurs
Espanouissent et sont en leur beauté,
Parmi les champs on en trouve plusieurs
Car c'est le mois le plus plaisant d'esté;
Charles Huitième, ce roi plein de bonté
Si a voulu s'esloigner de Paris,
Et de Champagne visiter la comté
L'an mil quatre cent et quatre-vingt-six.

. . . . . . . . . . . . . . . .

L'onzième jour l'alouette et mauvis
Chantaient là-haut leur chant mélodieux
Parmi les champs sur les arbres fleuris
Dont ils en furent lui et ses gens joyeux.

Tous les personnages importants de Troyes vont à la rencontre du Roy.

Digitized by Google

Aussi y furent de Troyes les papetiers
En très grand pompe, habillez de migraine,
Et bien montés sur beaux puissants destriers
De bardure couverts très belle et saine
Pour y venir laissèrent courir la Seine,
Levèrent vannes, délaissant leurs moulins;
Ung chacun d'eulx grant joie si demaine
Tous y avaient beaux pourpoints de satin.

Les papetiers de Troyes n'étaient pas à cette époque les seuls fournisseurs de l'Université de Paris. D'autres avaient pris place à leurs côtés. Sept fabricants comptaient en 1488 parmi ses suppôts, trois Champenois seulement et quatre habitant Corbeil et Essonnes. Dès 1380 d'ailleurs, on signale du papier sorti des moulins de Mennessy sur l'Essonne et destiné à la Chambre du roi.

Mais ni Essonnes ni Troyes ne gardèrent le premier rang parmi les centres papetiers qui se multipliaient en France. Ce rang échut rapidement à l'Auvergne qui le conserva jusque vers la fin du xviiie siècle.

On ne sait exactement à quelle date la fabrication du papier y prit naissance. Une vieille tradition mentionnée par divers auteurs du xviiie siècle et restée vivante, raconte qu'elle fut apportée par des croisés qui, au retour de leur lointaine expédition, auraient exercé cet art nouveau dans des moulins nommés Damas et Ascalon, en souvenir des lieux où ils l'avaient vu pratiquer. Le fait, dont il n'existe aucune preuve certaine, pourrait être réel; mais nul de ceux qui ont transmis ce vieux récit ne savait que l'art de faire le papier avait été effectivement connu chez les Arabes avant de l'être en Europe, et cette constatation n'est pas pour infirmer la valeur de la légende.

M. Jubié, Inspecteur des manufactures pendant l'année 1771, écrivait : « L'époque des premiers établissements est fort ancienne : on est assuré par des monuments authentiques, qu'il y en avait d'existants avant le xve siècle, ce sont ceux d'Ambert. »

Un poète, né en 1667 dans cette ville, et appartenant à une famille de papetiers, le Père Imberdis, a célébré en vers latins une industrie qui contribuait largement à la renommée et à la fortune de sa patrie. Son œuvre est un traité didactique, le premier qui ait paru en France sur l'art de faire le papier. La

Digitized by Google

rigoureuse précision du récit me permettra de lui laisser la parole quand nous examinerons l'outillage de nos vieux moulins. Il nous apprend que nulle part on ne produisait de papier plus blanc et mieux fait pour les livres.

En fait, l'Auvergne envoyait ses marchandises à l'Angleterre, à la Hollande, à l'Allemagne, à la Russie. Quiconque douterait de la qualité ou de la beauté de ces vieux papiers, pourrait aller à la Bibliothèque Nationale; il y verrait les admirables éditions imprimées sur le papier d'Ambert par les Elzéviers au moment même où la fabrication hollandaise était à son apogée; dans la section des manuscrits, il pourrait examiner les mémoires autographes de Louis XIV; le papier à écrire que les Moulins de Thiers fabriquaient pour le roi atteint une perfection qui n'a jamais été dépassée.

Un grand nombre de papeteries restèrent bien loin en arrière des célèbres manufactures d'Auvergne. Les plaintes des imprimeurs et des libraires se multiplièrent : poids, formats, collage variaient de province à province. Une enquête fut ordonnée en 1670, à la suite de laquelle une Commission, composée de trois imprimeurs, trois libraires et trois marchands papetiers, reçut mandat d'examiner un projet de règlement en dix-sept articles concernant « la fabrique, la vente, le débit et emploi du papier et réprimant les abus qui y ont cours ».

Ce règlement avait été élaboré par les agents de l'État après consultation prise auprès des fabricants.

Il ordonnait le pourrissage des chiffons;

Les nettoyages des piles;

La cuisson de la colle, cuisson dont il fixait la durée;

La composition des rames;

La marque du papier par un filigrane qui comprenait les deux premières lettres du nom du fabricant;

La séparation des diverses qualités de papier et l'indication de ces qualités sur la rame.

Tout papier, hors le fluant, devait être collé.

Enfin, on fixait les conditions dans lesquelles maîtres et compagnons pourraient se séparer. Le maître devait prévenir ses ouvriers six mois à l'avance. Le compagnon était tenu d'annoncer son départ six jours avant de quitter le travail. Le sabotage, qui ne portait pas alors ce nom, était prévu et puni.

Le 21 juillet 1671 le Conseil d'État rendait le règlement exécutoire.

Digitized by Google

Les malfaçons ne disparurent point et l'insuccès fut attribué à ce que la réglementation ne définissait pas suffisamment la voie à suivre et les écueils à éviter.

Il semble très naturel que les commissaires appartenant à des métiers dont les garde-jurés obligeaient maîtres et compagnons à suivre partout et en tous points des règles absolument précises, voyant d'ailleurs cette exacte discipline former des générations d'artistes d'une habileté merveilleuse restée sans rivale, fussent enclins à adopter, pour les fabricants papetiers, une méthode semblable, sans se douter qu'appliquée à des industries qui livrent à d'autres forces que le bras de l'homme des matières premières nombreuses et variées, elle se heurterait à des difficultés ignorées dans les petits ateliers. Cette distinction échappa-t-elle au Conseil d'État? je ne le crois pas : il poursuivait la réalisation d'un plan parfaitement logique et longuement mûri qui tendait à uniformiser le plus possible la fabrication française et à l'améliorer en rendant obligatoires, pour tous les papetiers, les pratiques adoptées par les maîtres les plus habiles. Il savait qu'il rencontrerait des obstacles d'ordre divers dans l'accomplissement de cette tâche; il s'efforçait de les réduire au minimum en sollicitant constamment, par l'intermédiaire de ses agents, les avis des fabricants d'Auvergne et c'est avec la plus prudente sollicitude que furent préparés, discutés et souvent modifiés, les règlements successivement imposés à l'industrie papetière.

Dans quelle mesure, d'ailleurs, l'obéissance à ces prescriptions fut-elle exigée?

La façon dont les Intendants ou leurs délégués appuyent, dès la première heure, les réclamations des papetiers, ce que nous savons, par leurs propres déclarations, du rôle joué par les Inspecteurs de manufactures, laisse la conviction que, de tout temps, les premiers comme les seconds se sont inspirés beaucoup plus de l'esprit que de la lettre du règlement.

En Auvergne, les Intendants se montrent plus sévères pour les maîtres qui avaient préparé ou accepté le fond même de la législation et cependant je n'ai pu relever une pénalité infligée relativement à l'absence de réservoirs d'eau dont l'établissement était exigé malgré les protestations des intéressés. Ni en Languedoc, ni en Dauphiné les règlements n'étaient observés.

Il est difficile d'admettre qu'une surveillance, assez tolérante et souvent assez intelligente pour laisser dans l'ombre des manquements aussi manifestes à la loi, ait fait preuve d'une

Digitized by Google

obstination tyrannique et rebelle aux enseignements de l'expérience.

Les décrets furent cependant accusés d'avoir amené la décadence de nos vieux moulins d'Auvergne.

En réalité, cette décadence était en grande partie due à ce que la papeterie française, et plus spécialement celle d'Auvergne, avait, dans la seconde moitié du XVIII[e] siècle, perdu une grosse partie de sa clientèle étrangère. Les frais de transport et les droits de tous genres constituaient des charges très lourdes. En Hollande, en Angleterre, l'industrie nationale trouvait des consommateurs empressés à user de ses produits; on n'achetait, hors des frontières, que ce dont l'équivalent ne se trouvait pas plus près.

L'étranger ne s'est pas trompé sur le rôle de notre législation dans la prospérité de l'industrie papetière en France. Dans une histoire de la papeterie en Allemagne, Keferstein attribue, par deux fois, à des lois bien comprises, le relèvement de nos papeteries et le succès de leur défense contre la concurrence hollandaise : il dit en propres termes que les règlements publiés de 1671 à 1711 doivent être tenus pour des modèles.

A la suite de la découverte de l'imprimerie, de grands centres de fabrication s'étaient créés, notamment en Angoumois et dans le Limousin, en Vivarais, où Annonay devenait célèbre, en Dauphiné, où à Vienne même on comptait, dès 1510, quinze moulins à papier. Ceux-là aussi eurent à souffrir de la fermeture, au moins partielle, des marchés étrangers.

Une autre cause troublait profondément le travail dans les moulins. Les ouvriers papetiers, autrefois si joyeux, dont Imberdis conte les danses, les festins, les parties de pêche le long du ruisseau où la truite abonde, qui jadis chantaient :

Si le roi savait
La vie que nous menons,
Quitterait son palais,
Se ferait compagnon,

qui n'avaient jamais officiellement constitué de corporations régulières, s'étaient en grand nombre affiliés à un compagnonnage secret, très probablement importé d'Allemagne. Les prétentions qu'ils émettaient, leurs exigences, firent trembler les maîtres. La terreur qu'ils avaient inspirée survécut à la Révolution ; en certaines parties du territoire, les patrons bravant leur interdit,

rompirent avec eux et cherchèrent parmi les cultivateurs des environs un personnel nouveau. En Angoumois, où l'on n'osa prendre un parti aussi énergique, la rénovation de l'industrie papetière fut retardée de plus de vingt ans.

Le 23 septembre 1798, François de Neufchâteau, ministre de l'Intérieur, faisait connaitre au Directoire la situation des papeteries françaises : 741 moulins étaient en activité, ils comprenaient 1 061 cuves.

L'auteur de cette statistique fournissait sur la production, évaluée d'abord en rames, puis en myriagrammes, des indications malheureusement dépourvues de toute concordance entre elles et sans rapport avec le nombre d'outils dont on constatait l'existence.

Pour apprécier la quantité de marchandises livrées à la consommation par les 745 moulins signalés, il faut se reporter aux chiffres de production donnés par les techniciens de l'époque.

On restera bien près de la vérité en fixant à environ 20 millions de kilogrammes le poids de papier annuellement sorti des moulins français pendant les dernières années du xviii^e siècle ou les premières du xix^e. Il avait été certainement bien supérieur en des temps moins troublés, alors que l'étranger s'approvisionnait largement sur notre marché national.

En 1658, Borel, ambassadeur des Pays-Bas, déclarait que sa patrie achetait, chaque année, pour 2 millions de livres de papiers d'Auvergne, du Limousin, du Poitou et de la Champagne.

Mais l'heure allait sonner où la machine se substituerait à la cuve, le cylindre au maillet, les sécheurs à vapeur à l'étendoir, les grandes usines aux petits ateliers familiaux.

En 1849, la France produisait 42 000 t, le double de ce qu'elle fournissait cinquante ans auparavant.

Dans la deuxième moitié du xix^e siècle, les efforts se multiplient, la consommation de papier augmente de jour en jour, et en 1900 nous comptions, en France, 395 manufactures de papier et 588 machines. Un de mes plus distingués confrères, M. Failliot, a estimé à 450 000 t le papier ou le carton fabriqué en 1899. La production avait décuplé en cinquante ans. Depuis lors, de nouvelles usines se sont ouvertes, les machines courent plus vite et je renonce à citer un chiffre de production qui, d'ailleurs, ne serait plus exact demain.

J'aime mieux rappeler ce que je pouvais en toute vérité écrire dans mon rapport sur les opérations du Jury de 1900 : « Notre

Digitized by Google

industrie actuelle pourvoit à tous les besoins du pays, offrant à chacun le genre de marchandises qui lui convient, gardant pour les œuvres de luxe vers lesquelles l'inclinent les naturelles préférences du génie national, les meilleures traditions du passé, apportant à la production des papiers ordinaires, solides et de bas prix, toutes les ressources de la mécanique et de la chimie, et cherchant à laisser jusque dans ces modestes témoins de son travail quelques traces de notre souci d'élégance et de bon goût. Enfin, elle a su rouvrir largement à nos produits le chemin de l'étranger. »

Un coup d'œil jeté sur la carte du planisphère permet de suivre le chemin parcouru par l'industrie papetière pour venir jusqu'en France et se répandre dans le monde (*fig. 1*, *Pl. 139*).

II

## L'ancienne fabrication.

L'ancienne fabrication du papier est restée si semblable à elle-même pendant près de dix-huit siècles que nous ne trouverons dans ce long espace de temps que de petits changements apportés aux procédés ou à l'outillage employés.

Les écorces d'arbres, les tiges de chanvre, les filets de pêche indiqués par Tsai-Loune comme matières premières du papier, impliquaient une macération préalable et des lavages successifs qui furent adoptés jusqu'au commencement du XIX^e^ siècle pour la préparation des chiffons. Le règlement de 1671 imposait au papetier de faire pourrir le chiffon et je me souviens d'avoir, au temps de mon enfance, entendu désigner dans nos vieilles usines certain local bas et humide sous le nom de pourrissoir.

Les matières premières ainsi attendries et lavées étaient prêtes à passer sous le pilon aussi bien pour les ouvriers de mon arrière-grand-père que pour ceux de Tsai-Loune.

« Le premier devoir, dit Imberdis, est de précipiter dans un » grand bassin la masse des chiffons. Sur elle, l'ouvrier chargé » de ce travail jette à plusieurs reprises de l'eau qui la recouvre, » pénètre au milieu d'elle, et s'insinue goutte à goutte en toutes » directions. Bientôt le chiffon, attaqué par l'eau versé sur lui, » entre en fermentation. Plus celle-ci augmente, plus le papier » sera facile à faire, soit que le chiffon perde ici un liquide inu- » tile, soit qu'il s'amollisse et devienne moins dur à triturer,

Digitized by Google

» soit enfin que, semblable au fumier, il acquière là une vertu
» ignorée ; car il s'échauffe et laisse échapper une fumée
» épaisse. »

L'opération durait parfois quatre ou cinq semaines; il fallait que la température développée par la fermentation fût telle que l'on ne pût tenir la main dans les chiffons; quelques fabricants avaient tenté de mêler à ceux-ci de la chaux : le règlement le leur avait interdit.

Le pilon qui, au temps de Tsai-Loune, broyait les chiffons, était soulevé à bras d'homme; il fut ensuite mis en mouvement de différentes façons.

En Chine, nous le voyons recevoir son mouvement par une pédale *(fig. 2, Pl. 139)*.

Un Dauphinois, Besson, docte mathématicien, dans son Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques, indique un autre mode de donner le mouvement (1529) *(fig. 3, Pl. 139)*.

En réalité, on recourut vite aux puissances hydrauliques; le nom même de moulin le laisse deviner. Nous avons d'ailleurs constaté le fait à Fez.

Le mortier était constitué par une auge en pierre appelée creux de pile.

Le creux de pile recevait trois maillets *(fig. 4, Pl. 139)* — les piles étaient d'ailleurs réunies en batteries *(fig. 5, Pl. 139)*.

Imberdis nous dira comment s'accomplissait le travail.

« La roue qui se mouvra sous la chute des eaux sera accom-
» pagnée d'un lourd et gros arbre rond, sur lequel se dresse-
» ront, à intervalles déterminés, des morceaux de bois; tandis
» que tourne l'arbre entraîné par la roue, ceux-ci soulèveront les
» maillets qui leur sont opposés et qu'ils laisseront, en conti-
» nuant leur course, retomber par leur propre poids. Au-dessous
» des maillets, placez de gros mortiers, dont le fond extrême
» sera revêtu d'une épaisse lame de fer, capable de résister à
» des coups vigoureux; tout près du fond, doit être ménagée
» une petite ouverture que recouvre un tissu à larges mailles de
» crins; c'est par elle que l'eau amenée aux mortiers dans des
» conduits divers, pourra s'écouler en se séparant des chiffons
» et entraîner les ordures dont elle se sera chargée. De là dé-
» pendent la pureté des chiffons et la pureté du papier. Ainsi,
» une servante, à genoux, frappe à coups redoublés, sur une
» planche inclinée, les vêtements qu'elle plonge à tout instant
» dans le ruisseau; ainsi rejette-t-elle leurs souillures et l'excès



Digitized by Google

» d'eau qui les pénètre. Chaque mortier recevra trois maillets
» de chêne, hérissés à leur partie inférieure de clous nombreux
» qui, sur toute la surface, prendront l'apparence de dents afin
» de mieux broyer le lin et de le dépouiller plus rapidement
» des impuretés qu'il retient. »

Tous les maillets ne recevaient pas la même garniture : « Il
» est d'autres maillets, poursuit notre poète, qu'arment des
» clous au tranchant moins aigu : vous leur donnerez le chiffon
» pour l'affiner davantage. Ne le leur retirez pas avant que
» l'heure n'ait deux fois rempli son cours si vous ne voulez pas
» que votre imprudence rende ce travail inutile. »

Les maillets ne sont d'ailleurs pas encore des outils abandonnés. On les emploie en Auvergne pour faire le papier pelure sans colle et, à Fabriano même, un fabricant de papiers filigranés, qui fait de beaux billets de banque, M. Miliani, y a recours.

L'instrument destiné à produire la feuille a été appelé forme. En Extrême-Orient, la forme est faite avec de fines tiges de bambous, dont l'assemblage rappelle les stores en bois *(fig. 6 et 7, Pl. 139)*; elle fut construite un peu plus tard en fils métalliques laissant dans la pâte une trace visible et produisait un papier qui s'appelle aujourd'hui du papier vergé. La construction se perfectionna, mais les premières formes donnant un papier absolument vélin furent établies en Angleterre au XVIII[e] siècle. La fabrication des vélins fut à peu près en même temps introduite en France par Didot, Montgolfier et Johannot.

« Voulez-vous donc faire du papier? écrit Imberdis. Prenez
» une forme carrée, tissée en fils de cuivre, sans sinuosité,
» sans saillie, partout également tendue; unie, elle donne son
» poli au papier. Bientôt, la tenant à deux mains, une main de
» chaque côté, instruit par une longue pratique, vous recueil-
» lerez sur elle le chiffon que vous irez chercher au fond de la
» masse liquide. Alors, tandis que la forme est suspendue sur
» la cuve, de régulières oscillations amèneront la matière à se
» déposer partout en épaisseur égale; la partie utile se fixe, le
» surplus coule par dessus bords. Tout cela est instantané, on
» voit le papier prendre corps avant d'avoir pu observer la suc-
» cession de ces faits » *(fig. 8, Pl. 139)*.

La feuille fabriquée est couchée sur des feutres et pressée.

Elle est ensuite séchée. Les Chinois la fixent à un mur ou, comme le font encore les Japonais, sur des parois inclinées,

Digitized by Google

exposées au soleil, ou formant toit au dessus d'un foyer *(fig. 7 et 9, Pl. 139)*.

Les Européens avaient créé de grands étendoirs bien ventilés et tenus à l'abri des oiseaux dont les coups de bec étaient meurtriers pour les papiers.

Le papier devait être ensuite collé; les anciens s'étant servis d'amidon, les Chinois et les Japonais emploient une racine spéciale dont le suc est gluant et imprègne les fibres du papier. A la fin du XIIIe siècle ou au commencement du XIVe, on recourut en Europe à la gélatine.

C'est encore Imberdis qui nous dira comment on plongeait le papier dans la cuve pour obtenir un collage régulier.

« Alors arrive l'ouvrier chargé d'une masse de feuilles pliées sur son bras étendu. Tel à son maître qui vient de boire le serviteur a coutume d'apporter la serviette destinée à sécher les lèvres qu'a mouillées le vin puisé dans la coupe. Puis l'ouvrier fait pénétrer dans le liquide la partie du papier qui se présente la première, non en masse serrée, mais en dégageant les feuilles une à une, de manière que nulle ne lui échappe et ne vienne à manquer de la colle qu'elle doit recevoir. Bientôt il plonge, avec les mêmes précautions, l'autre partie des feuilles et tout le papier reste couvert d'une colle qui ne l'abandonnera plus » *(fig. 10, Pl. 139)*.

Cependant, après avoir été collé, le papier devait être séché à nouveau et là encore le papetier redoutait des accidents qui restent mal définis et expliqués. Nous nous heurtons toujours à eux quand nous collons à la gélatine : les changements dans l'état hygrométrique de l'air ou de la température, un orage imminent, suffisaient pour compromettre le succès d'un collage.

Une dernière opération donnait son éclat à la surface du papier. En Orient, l'application sur une surface bien polie suffisait pour répondre aux exigences de la clientèle. En Europe, on frottait le papier avec une dent de loup ou un caillou à chanfrein de manière à faire disparaître les rugosités et à en adoucir le grain *(fig. 11, Pl. 139)*. On recourut ensuite au marteau *(fig. 12, Pl. 140)*, puis on perfectionna le glaçage, et les feuilles de papier passèrent entre les deux rouleaux d'un appareil spécial appelé lisse; la pression trop brutale fut atténuée en enfermant le papier entre des feuilles de carton.

Digitized by Google

## III

## Transformation de la fabrication.

La première des transformations appelées à faire de l'art du papetier une grande industrie a porté sur la façon de triturer le chiffon.

Le bon fonctionnement des maillets mis en œuvre pour la trituration des chiffons exigeait des moteurs à grande force vive, tels que les roues suspendues sur nos ruisseaux à pente rapide. Les moulins à vent étaient, au point de vue dynamique, très mal établis pour actionner une batterie de ces outils et, quand les Hollandais voulurent augmenter le nombre de leurs papeteries, ils cherchèrent à substituer à la trituration par choc un travail plus régulier comme celui de la désagrégation des chiffons par frottement et cisaillement. Ils résolurent le problème en armant de dents métalliques un cylindre portant sur une platine analogue à celle qui garnissait le fond des anciennes piles.

Il semble étonnant qu'une découverte de si grande importance pour l'industrie papetière soit restée anonyme et que la date exacte à laquelle elle fut appliquée demeure indéterminée, mais le secret a été voulu et bien gardé.

La plus ancienne description des cylindres hollandais paraît être celle qu'en donne un architecte allemand, Sturm. Il avait visité Saardam en 1697, et publia en 1717, sur la construction des moulins, un traité dans lequel il faisait connaître les indications recueillies au cours de son voyage.

Il y donne la coupe de deux cylindres qu'il avait vus chez deux fabricants différents *(fig. 13 et 14, Pl. 140)*.

L'examen de ces outils prouve que nous sommes en présence des premiers essais tentés par les papetiers.

La première pile a un rouleau en fonte avec des dents saillantes et est munie d'une platine, mais elle ne présente pas de montagne. La deuxième n'a pas de platine; son rouleau reste d'ailleurs, comme construction, très voisin du modèle toujours en usage.

C'est en empruntant à la première sa platine nécessaire pour assurer la trituration des chiffons et à la seconde sa montagne indispensable pour déterminer la circulation de la pâte que l'on

Digitized by Google

obtint le type définitif des piles à cylindres dans lesquelles on prépare la pâte à papier. Seules la forme des lames et leur épaisseur diffèrent suivant que les piles servent au défilage, qui s'attaque aux morceaux mêmes de chiffons ou au raffinage qui achève la trituration de la demi-pâte. Peu d'outils ont donné naissance à des variétés aussi nombreuses; chacun possède sa forme de lames, sa taille de platine, son procédé pour assurer une bonne circulation de la matière dans l'auge de la pile. Il était autrefois nécessaire d'intervenir très fréquemment pour éviter par le brassage que la pâte s'endormit en certains points de son parcours et par suite passât un nombre de fois moindre entre les lames de la plàtine et du rouleau. Je dois reconnaître que dans plusieurs piles nouvelles l'inconvénient redouté a été considérablement réduit.

L'invention hollandaise se répandit rapidement en Allemagne. Elle fut plus longue à s'introduire en France. Notre industrie papetière qui avait longtemps occupé le premier rang dans le monde devait n'abandonner qu'à bon escient des procédés de fabrication dont la valeur avait été si bien démontrée. L'heure vint pourtant où l'on fut obligé de s'inquiéter de la concurrence des Pays-Bas : plusieurs tentatives furent faites sur l'instigation et avec les subventions de l'État ; la célèbre papeterie de Langlée s'était fondée pour fabriquer des papiers « à la façon d'Hollande » ; mais le succès ne répondit ni aux efforts ni aux espérances des fabricants. La seule introduction des cylindres dans l'outillage de nos usines ne permettait pas d'obtenir de papier blanc, souple et fin comme celui de Saardam.

Un papetier hollandais, Ecrevisse, dont le rôle n'a pas été mis suffisamment en lumière, contribua puissamment à acclimater le cylindre hollandais dans nos papeteries.

Successivement à Annonay, chez Montgolfier et chez Johannot, puis à Essonnes, il fit construire ces outils et modifia la préparation des pàtes de façon à les amener en bon état entre le rouleau et la platine. Quand Écrevisse eut terminé son installation à Essonnes, le directeur de l'usine invita sa clientèle « à venir applaudir à des travaux qui reculent les bornes de l'art de la papeterie en France ».

Écrevisse était un praticien et connaissait admirablement son métier. Il a laissé de nombreuses notes manuscrites qu'un de ses descendants a bien voulu me communiquer et dans lesquelles il raconte presque jour par jour son existence, ses travaux et

Digitized by Google

aussi ses déboires; il a établi deux tracés de rouleaux et de platines qui montrent très clairement la différence du travail que l'on peut demander aux cylindres *(fig. 15 et 16, pl. 140)*.

Le premier figure un ensemble qui donnera une pâte fibreuse, laquelle sera hachée et non écrasée.

Avec le matériel représenté par le deuxième, on obtiendra une pâte qui certainement aura été coupée, mais qui aura été surtout écrasée et sera très grasse.

La pratique actuelle a adopté, suivant le genre de fabrication cherché, des types intermédiaires entre ces modèles extrêmes.

Écrevisse est un partisan déterminé des pâtes maigres. Les pâtes grasses, qui donnent à la main la sensation onctueuse de l'huile ou du savon et laissent difficilement égoutter l'eau qu'elles renferment, causaient, en effet, les plus gros ennuis aux anciens papetiers qui n'arrivaient parfois pas à obtenir sur la forme une feuille de papier assez dépourvue d'eau pour prendre corps et être couchée sur le feutre. Aujourd'hui encore, une pâte trop grasse offre des difficultés quand on veut l'employer pour fabriquer des papiers épais. Dans son *Art de faire le papier*, de La Lande a tenté d'expliquer la transformation graisseuse de la pâte de chiffons. « Cette partie graisseuse, dit-il, est analogue à celle que l'on retire de la plupart des végétaux, même des animaux, par une longue trituration. Lorsque les sels de la plante, séparés des parties fibreuses et tisseuses, viennent à se dissoudre dans l'eau, ils se combinent avec les huiles et forment une matière savonneuse aussi dissoluble dans l'eau. Telle est l'étiologie chimique dont les fabricants se plaignent souvent dans leurs machines et qu'ils font nécessairement sans le savoir. De là vient aussi qu'une pâte trop longtemps affinée se graisse, comme disent les fabricants, parce que les parties huileuses trop développées se combinent en trop grande abondance avec les sels : alors elle est savonneuse et difficile à lier, le papier est cassant, il prend la colle moins amoureusement. »

Je n'oserais dire que cette explication du phénomène est parfaitement claire, mais elle enserre la vérité.

Nous savons aujourd'hui que, soumise à une trituration prolongée et à un écrasement répété, la cellulose s'empare d'un volume d'eau pour former un hydrate de cellulose; la fibre gonflée devient transparente; elle ressemble à de l'amidon dont elle fournit d'ailleurs la réaction caractéristique avec l'iode.

L'industrie papetière a retiré d'immenses avantages de l'in-

Digitized by Google

vention des cylindres hollandais, mais elle va bientôt après être dotée d'un outil qui la transformera.

Cet outil est la modeste machine que construisait en 1798 un contremaître de la papeterie d'Essonnes, Nicolas-Louis Robert *(fig. 17 et 18, pl. 140)*. C'était, en réalité, une machine-outil mue à bras (1). Sous cette forme rudimentaire, l'invention de Robert produisit cependant un changement complet et définitif dans la manière de produire le papier et depuis que Tsai-Loune a jeté du chiffon sous son pilon, que Gutenberg a mis sa presse en mouvement, nulle innovation ne s'est produite qui ait été appelée à aider si puissamment l'expansion de la pensée humaine.

La machine Robert se composait d'une toile sans fin sur laquelle un cylindre à palette, plongeant dans une cuve, projetait de la pâte. La toile était entraînée par son serrage entre deux presses actionnées à bras, et, à son extrémité antérieure, recevait d'un hexagone une série de secousses qui permettaient l'enchevêtrement des fibres et facilitait l'égouttage de la pâte. C'était la traduction mécanique des oscillations que la main de l'ouvrier imprimait à la forme.

La largeur de la feuille était limitée par des règles de cuivre portant sur la toile et le long desquelles glissaient des agrafes fixées sur la toile même ; ces règles servaient aussi à fixer l'épaisseur des papiers ; la toile était inclinée dans le sens de la marche et l'arête supérieure des règles abaissée à l'origine de la machine, de telle sorte que l'excès de pâte pouvait passer au-dessus de cette arête et retomber dans la cuve. Robert avait indiqué l'emploi éventuel de baguettes qui soutiendraient la toile et par surcroît faciliteraient l'égouttage. Ces baguettes sont devenues les pontuseaux. Son invention comprend, à l'exception des pompes aspirantes, sous une forme qui seule a été perfectionnée, tout l'outillage de nos tables de fabrication.

La longueur du papier que l'inventeur voulait obtenir était de 12 à 15 m. En fait, la fabrication avec ce premier outil n'était pas facile et, pour rendre la machine pratique, des essais coûteux étaient nécessaires. Or, l'époque à laquelle cette invention se faisait jour (1798) n'était pas favorable aux entreprises industrielles. L'argent, qui ne se trouvait pas en France, fut cherché en Angleterre par M. Saint-Léger-Didot, propriétaire de l'usine

(1) La machine représentée a été construite pour l'Exposition de 1900, d'après les derniers originaux de Robert, par MM. Allimand, constructeurs à Rives et j'ai fait du papier avec elle.

Digitized by Google

d'Essonnes, à laquelle était attaché Robert. Le brevet pris en 1810 de l'autre côté de la Manche par Gamble, beau-frère de Saint-Léger-Didot, reproduit exactement celui que Robert avait obtenu en France : la comparaison des textes ne laisse subsister aucun doute sur ce point : la pièce anglaise est la traduction littérale du document français ; certaines cotes y sont données en unités de nos nouvelles mesures nationales.

L'œuvre ainsi transportée en Angleterre fut continuée par Didot, qui affirme, en divers actes publics anglais, avoir été l'auteur des perfectionnements apportés à la machine à papier et brevetés en 1803 et 1807 au nom de Gamble et Fourdrinier ; ses assertions sont confirmées par un rapport manuscrit que notre collègue, M. Bibas, a bien voulu me communiquer et qui avait été adressé en 1815 au propriétaire de l'usine du Marais par un agent envoyé en Angleterre pour s'enquérir des progrès réalisés dans la fabrication mécanique du papier.

Le brevet de 1803 substitue un excentrique à l'hexagone du mouvement de branlement, et apporte de minimes changements à la marche primitive.

Celui de 1807 révèle de grands progrès *(fig. 19, Pl. 140)*.

La machine comprend un cuvier muni d'agitateurs. L'alimentation de la machine est réglée.

Le papier subit une première pression entre deux toiles métalliques ; les rouleaux sont revêtus de feutres ; des précautions sont prises pour éviter le retour sur le papier de l'eau exprimée.

La feuille est recueillie sur un feutre sans fin.

Un seconde pression achève d'enlever l'eau de fabrication, et le papier est enroulé sur un dévidoir à ailettes.

L'absence de deux organes distingue cependant encore cette machine de celle que nous voyons en marche dans les usines du xx^e^ siècle.

En 1846, un Français, Canson, plaçait sur le parcours de la toile, entre les pontuseaux et la presse humide, une caisse dans laquelle on produit un vide relatif et, par suite, une aspiration de l'eau renfermée dans la pâte. Celle-ci peut alors supporter une pression plus forte sous la presse humide et devient susceptible d'être détachée de la toile sans fin.

De très bonne heure Crampton, en Angleterre, séchait à la vapeur les papiers en feuille, mais il semble que Zuber et Rieder aient, les premiers, appliqué ce mode de séchage au papier

Digitized by Google

continu. Cette priorité paraît confirmée par le fait qu'ils furent appelés à établir, à Dartford, l'outillage qu'ils avaient imaginé.

Ainsi complétée, la machine à papier devient un admirable et puissant instrument, prêt à répondre à toutes les exigences de qui la sait ou veut utiliser dans des limites fixées par la seule possibilité de la faire desservir par des hommes.

Avec une des machines exposées à Paris, en 1900, le servant disposait de deux secondes pour conduire la feuille de la sortie d'un sécheur à l'entrée du suivant.

L'eau dans laquelle les fibres se meuvent et le tissu se forme est enlevée par égouttage, puis par aspiration, par succion, par pression, enfin par évaporation.

Toutes ces opérations se succèdent lentement au début, quand les machines marchent à 2 ou 3 m par minute ; mais le travail, tout en restant le même, peut être confié à des facteurs plus puissants et plus nombreux ; on allonge les tables de fabrication, on multiplie les pompes aspirantes, les presses, les sécheurs. Nous obtenons alors les machines nouvelles (1) *(fig. 20 et 21, Pl. 140).*

En 1893, quand j'étais à Chicago, on citait avec étonnement des machines américaines travaillant à 100 m par minute ; aujourd'hui, dans la vieille Europe, la vitesse de 120 à 150 est devenue ordinaire, et on parle, de l'un et l'autre côté de l'Atlantique, de la porter à 200 m.

Mais en jetant les yeux sur le croquis schématique on voit *(fig. 22, Pl. 140)* plus clairement indiquées les phases successives par lesquelles a passé, pour atteindre ses dimensions actuelles, la machine à papier.

La feuille qui sort à la vitesse de 200 m. de la presse humide est celle-là même dont Robert a imaginé et réalisé la fabrication : l'idée de Robert vit dans le puissant engin comme dans le modeste outil, et, tandis que l'on regardera l'un et l'autre, la pensée se portera, ainsi que le faisait la mienne quand je traçais ce croquis, vers ces petites plantes, qui, nées dans un vase étroit, sont ensuite transportées, pour y trouver un sol plus riche, plus de chaleur, plus de lumière, de serre en serre jusque dans ces halles, hautes et vastes comme des cathédrales, qu'elles remplissent de verdure et de fleurs.

Robert est mort pauvre sans avoir obtenu les récompenses dont il était digne : nous sommes nombreux à désirer qu'une

(1) Ces machines ont été construites par MM. Allimand.

Digitized by Google

statue soit élevée à l'humble inventeur de la fabrication mécanique du papier ; en attendant, je veux honorer sa mémoire en reproduisant son portrait d'après une miniature appartenant à M. Alfred Firmin-Didot *(fig. 23, Pl. 140)*.

En 1809, Dickinson avait créé un autre type de machine destinée à fabriquer le papier en longueur continue. Celle-ci a donné naissance, en subissant d'ailleurs de multiples transformations, aux diverses machines appelées machines rondes *(fig. 24, Pl. 140)*.

Fourdrinier et Didot avaient tenté, en 1806, de fabriquer mécaniquement du papier à la forme. Leur idée fut reprise par Montgolfier et de nos jours pratiquement réalisée par M. Sembritzki et par M. Dupont. Les machines établies par notre collègue fonctionnent à l'usine de la Banque de France et à la Manufacture Impériale de Papiers d'État, en Russie.

Le collage du papier en pâte était bientôt devenu indispensable pour répondre aux exigences de la fabrication du papier de longueur continue. Aucun bon résultat n'a jamais été atteint avec la gélatine, qui ne colle bien qu'en surface un tissu déjà formé. En 1827, Caunon fit breveter un collage à la cire ; Delcambre recourut à la résine ; c'est ce dernier mode de collage qui a triomphé. On traite la résine par la soude pour obtenir un savon. La dissolution de ce savon, à laquelle on a ajouté de la fécule, est mêlée à la pâte. La discussion reste ouverte sur la façon dont on doit expliquer le phénomène très curieux, mais très obscur du collage. Je ne l'aborderai pas ici et dirai simplement qu'on ajoute au mélange de colle et de pâte du sulfate d'alumine ou de l'alun ; l'alumine est mise en liberté et ramasse, comme en un filet, les matières organiques, résine et fécule, pour les fixer sur les fibres du chiffon.

L'ancienne façon de glacer le papier en feuilles à la lisse entre des feuilles de carton et des feuilles de zinc a dû, elle aussi, être modifiée. L'appareil employé pour lustrer le papier est la calandre, composée de rouleaux en papier de laine et de rouleaux en métal, alternativement superposés. Les premiers sont formés de disques en papier laineux très fortement comprimé pendant un laps de temps relativement assez long. La surface en est rendue assez dure pour être tournée au tour. L'ensemble garde une élasticité suffisante pour que l'on puisse faire disparaître, par un mouillage à l'eau tiède et un rodage subséquent, les empreintes laissées par des plis survenus au passage du papier.

Digitized by Google

Les calandres font suite aux machines ou peuvent être indépendantes.

Le glaçage n'est pas produit par la seule pression, mais aussi par un petit glissement dû à ce que le mouvement est donné par le bas et se transmet d'un rouleau à l'autre avec l'interposition de la feuille de papier.

Je ne dirai rien des coupeuses en long et en travers, qui ont successivement pris la place du simple couteau, puis de la coupeuse Massicot; elles ne comptent pas dans l'outillage de la fabrication proprement dite du papier, quoiqu'elles soient souvent placées au bout de la machine.

Dans l'ancienne fabrication, une seule opération, le pourrissage, détruisait les substances étrangères unies à la fibre. Quand, dans les premières années du XIX[e] siècle, la chimie put faire entendre ses conseils, on substitua au pourrissage le lessivage et le blanchiment.

Le lessivage s'obtient en faisant bouillir les chiffons avec des alcalis : soude, carbonate de soude ou chaux. L'opération se fait sous pression dans des lessiveurs rotatifs, sphériques ou cylindriques ou à la pression atmosphérique dans des lessiveurs à renversement dans lesquels la lessive circule comme dans les appareils Phénix.

On blanchissait et on blanchit encore parfois avec du chlore gazeux, mais on recourt généralement aux chlorures décolorants; la pâte défilée circule dans de grandes piles en contact avec le liquide dans lequel le chlorure de chaux est dissous. Dans quelques usines sont entrés dans la pratique ou sont à l'essai le blanchiment électrolytique, dans lequel on tire le chlore du chlorure de sodium ou de manganèse, le blanchiment au bioxyde de sodium et le blanchiment au permanganate de potasse.

## IV

## Les matières premières. Succédanés du chiffon.

Quand Tsai-Loune annonça qu'il faisait du papier avec de l'écorce de bois, des tiges de chanvre, des vieux chiffons et des filets de pêche, il avait délimité tout le domaine dans lequel on devait chercher et trouver les matières premières du papier.

Digitized by Google

Sous des formes différentes, cette matière est unique : c'est la fibre de cellulose.

Dans les chiffons et les filets de pêche, elle se présentait déjà séparée, par un travail antérieur, d'une partie des substances avec lesquelles elle avait été unie, dans les tiges de lin et de chanvre. On devait la dégager des tissus cellulaires qui l'enveloppaient dans les écorces de bois et le chanvre.

Pendant de longues années, les papetiers la cherchèrent où elle se trouvait à demi prête pour leur usage, dans les chiffons. En Chine et au Japon, ils recoururent cependant toujours aux écorces d'arbres spéciaux qui leur fournissaient une fibre de grande résistance et de très bel éclat.

Dans l'Occident, des savants s'ingénièrent, au commencement du xviii[e] siècle, à faire du papier avec des éléments très divers. Un Allemand, le docteur Schœffer, réunit dans un livre des échantillons produits avec toutes les substances qu'il recueillait dans ses promenades quotidiennes. Un papetier français, Léorier de l'Isle, fit de même. Ne voulant pas être accusé d'avoir reproduit les essais de Schœffer, il soumit sa fabrication et celle de son rival à l'Académie des Sciences. Deux illustres chimistes, Berthollet et Lavoisier, auxquels on adjoignit Sage, examinèrent les papiers et reconnurent que ceux de Schœffer contenaient des chiffons mêlés aux substances nouvelles, ce que Schœffer, d'ailleurs, avait déclaré lui-même, tandis que les échantillons remis par Léorier en étaient dépourvus. Ils conclurent que ces derniers « pouvaient être utilement employés pour tentures et que l'un d'eux, composé de guimauve, était susceptible d'être imprimé ».

Les techniciens ne virent point d'avantage à chercher de nouvelles matières premières propres à fournir du papier avant de tirer parti de celles qu'ils avaient sous la main et que l'on négligeait de recueillir ou de traiter avec assez de soin.

En réalité, l'heure n'avait pas sonné où la consommation du papier rendrait nécessaire la mise en œuvre de matières premières autres que le chiffon.

Peu après Léorier, un fabricant anglais, Koops, fabriqua avec de la paille et du bois un bon papier dont il se servit pour faire imprimer une *Histoire du papier*. Koops avait eu sur l'emploi futur de la cellulose des visions de prophète et annonçait qu'avec de la pâte de bois comprimée on obtiendrait un corps plus solide que le chêne, lequel servirait aux ébénistes, aux charrons et remplacerait les tuiles sur les toits.

Digitized by Google

On prit également en France des brevets pour la refonte des vieux papiers et la Convention déclara, en 1794, que « les papiers dont le brûlement avait été suspendu par le décret de février de la même année seraient, sous certaines conditions, remis aux entrepreneurs qui se chargeraient de les refondre ».

Les succédanés du chiffon, qui sont actuellement employés en plus grande quantité, sont le bois râpé, appelé bois mécanique, le bois chimiquement désagrégé, désigné sous le nom de bois chimique, la paille et l'alfa ou sparte.

C'est vers 1850 que commença l'emploi du bois mécanique. M. Aristide Bergès imagina de presser fortement contre des meules, au moyen de pistons à pression hydraulique, des billes de bois. Le même travail est demandé à tous les défibreurs, dont quelques-uns absorbent une puissance de 500 ch. Le bois râpé est en réalité une charge dans le papier. On n'a pu arriver à recueillir dans ces conditions des fibres réellement propres à l'envergement. Les appareils qui font suite aux défibreurs sont des trieurs et des séparateurs, destinés à ne laisser passer que des particules suffisamment divisées. En 1899, la France a reçu de l'étranger 86 000 t de bois mécanique qui sont venues s'ajouter à ce qu'elle produit elle-même.

La fibre du bois peut vraiment constituer un tissu et fournir du papier sous la forme de pâte de bois chimique, dont Mitscherlisch découvrit la préparation en 1878.

Le bois est préalablement dépouillé de son écorce, puis coupé en morceaux et porté dans de grandes lessiveuses.

Trois traitements ont été imaginés.

Le traitement à la soude caustique est le plus simple. On fait cuire le bois dans un bain de soude à 6 ou 8 0/0, sous une pression de 6 1/2 à 8 kg pendant huit à dix heures.

Le traitement au sulfate constitue une variante du premier; le bain est composé de sulfate de soude et de soude caustique.

Dans les deux traitements on récupère la soude. D'après Cross et Bewan, on retrouverait, avec le procédé au sulfate, 80 0/0 de la soude employée, sous forme de carbonate, d'hydrate de soude et de sulfure de sodium.

Le traitement de beaucoup le plus répandu est le traitement au bisulfite de chaux. Avec ce procédé, on ne peut se borner à jeter dans la lessiveuse le bois coupé en morceaux, mais on broie ces morceaux, et on en retire les nœuds et les parties pourries avant de charger le digesteur. La durée de la cuisson

Digitized by Google

est de 16 à 20 heures avec une pression d'environ 5 kg, de 67 à 80 heures quand on ne veut pas dépasser la pression de 3,15 kg. Les fibres de bois chimique donnent du papier bon et solide. Il est très rare de n'en pas trouver dans les papiers fins aujourd'hui en usage, mais leur présence peut être facilement reconnue au microscope et révélée par les réactifs dont vous a entretenus M. Favier.

On recourt en France, moins qu'en Allemagne et en Angleterre, à la pâte de paille. La paille est coupée en brins de 3 à 4 cm, qu'un souffleur transporte dans une salle de dépoussiérage. Elle est lessivée avec 10 ou 20 0/0 de soude caustique, sous une très faible pression si l'on se contente d'obtenir un produit ordinaire; sous une pression de 5 kg si l'on veut attaquer sûrement les nœuds dont la disparition est nécessaire pour les papiers fins. Elle est ensuite blanchie et fournit des pâtes très belles. La pâte de paille se transforme très facilement en hydrocellulose dans le travail du raffinage.

L'alfa s'emploie en France, mais surtout en Angleterre où la vente de cette matière a atteint 220 000 t par an. Le lessivage est extrêmement facile; il se fait avec 10 0/0 de soude. D'après les essais tentés par M. Dupont, l'alfa ne donne pas de solidité au papier, mais il est extrêmement plastique. Cette qualité l'a fait rechercher dans la fabrication des papiers pour impression, et semble le désigner pour celle des cartons moulés et frappés. Malheureusement, le prix en est relativement élevé.

La mise en œuvre de la ramie comme matière première du papier est fort délicate et son utilisation fait grand honneur à notre collègue, M. Dupont, qui l'emploie couramment dans l'usine de la Banque de France.

Cette substance, bien préparée, fournit un papier d'une pureté remarquable, d'un bel épair laiteux et d'une grande résistance à la traction et au froissement. Son opacité relative permet d'obtenir des filigranes très vigoureux et très nets sur une très mince épaisseur.

L'Exposition de 1900 nous a montré des papiers d'emballage et des cartons obtenus avec de la tourbe. On se proposait de la substituer à la pâte de bois devenue trop coûteuse. Les matières introduites dans le papier sont retirées de la première couche des bancs de tourbe où les fibres des végétaux, roseaux et joncs, demeurent encore inattaquées.

Il n'est guère de mois où l'on ne nous annonce l'introduction

Digitized by Google

dans la papeterie d'une matière première trouvée dans les forêts, les marais ou les champs de quelque contrée lointaine, puis les années passent sans que ces substances nouvelles se présentent sur le marché dans des conditions de prix ou de préparation qui leur permettent d'y prendre place.

Aujourd'hui, on parle de la culture en grand, sur les bords du Nil, du vieux papyrus, auquel on ne demanderait plus comme autrefois le tissu naturel resté pendant tant de siècles le dépositaire de la science et de la pensée humaine, mais dont on utiliserait les fibres comme celles de l'alfa, de la paille ou du bois.

---

Digitized by Google

# REPRÉSENTATION DU FONCTIONNEMENT THÉORIQUE

DES

# GAZOGÈNES AU COKE

PAR

M. Rodolphe SOREAU

## Objet de cette Note.

Le fonctionnement théorique des gazogènes au coke correspond à l'hypothèse où le combustible est pur. Le gaz produit est alors un mélange d'oxyde de carbone, d'anhydride carbonique, d'hydrogène et d'azote, en proportions très variables suivant l'allure du gazogène. Mais, dès qu'on connait deux des teneurs, les deux autres sont déterminées, et par suite tous les éléments du problème sont fixés.

Entre ce fonctionnement et celui des gazogènes industriels il y a de grandes différences, alors même que le combustible est un charbon maigre ou du coke ne contenant que des traces d'hydrocarbures. Néanmoins, le cas théorique est envisagé dans tous les traités, pour les indications générales qu'il est susceptible de fournir. Mais il convient de n'attribuer à ces indications qu'une importance relative.

Sous le bénéfice de cette réserve, cette Note a simplement pour objet de donner un nomogramme qui permette de déterminer rapidement les éléments principaux : teneurs en CO, $CO^2$, $H^2$ et Az; volume du gaz produit par kilogramme de C; volume d'air et poids d'eau absorbés; pouvoir calorifique et température du mélange; rendement thermique du gazogène.

Ces éléments peuvent s'exprimer, ai-je dit, en fonction de deux des teneurs, ou, plus généralement, de deux arguments $x$ et $y$, ce qui permet d'en donner une représentation plane. C'est ce qu'a fait très judicieusement M. Sire de Vilar dans l'intéressant Mémoire paru au Bulletin d'Octobre 1906. Je prends des formules résultant des arguments $x$ et $y$ qu'il a imaginés, mais, au lieu de représenter chacune d'elles par un réseau de droites cotées, j'ai

Digitized by Google

recours à une simple courbe à points cotés : ainsi le réseau de 11 droites, cotées de 200 en 200°, qui représente la température de sortie, est transformé en une branche d'hyperbole cotée de 50 en 50 entre 0° et 500°, de 20 en 20 entre 500° et 1 000°, et de 10 en 10 à partir de 1 000°. Il en résulte une très grande précision dans la lecture, une plus grande clarté et la possibilité de figurer toutes les caractéristiques ci-dessus énumérées, alors que le nomogramme à entrecroisement serait inextricable. Ainsi s'affirme une fois de plus, et de façon particulièrement probante, la supériorité de la belle méthode des points alignés, créée par d'Ocagne, et qui a été l'objet des plus importants travaux faits en Nomographie dans ces dernières années.

Le nomogramme que je vais donner est intéressant en ce qu'il réunit 13 graduations par un simple alignement; autrement dit, il suffit de tendre un fil à travers ces graduations pour lire les valeurs de 13 caractéristiques correspondant à une allure particulière du gazogène.

## Formules représentées.

Les réactions élémentaires qui se produisent sont les suivantes :

$$C + O = CO,$$

$$H^2O = H^2 + O,$$

$$C + O^2 = CO^2.$$

Les proportions des quatre gaz obtenus varient suivant les proportions $x$, $y$, $z$ dans lesquelles chacune de ces réactions entre dans la réaction résultante. Or l'un des trois nombres $x, y, z$ peut être arbitrairement choisi; prenons $z = 1 - x$, d'où la réaction résultante :

$$C + (2 - x - y)O + yH^2O = xCO + yH^2 + (1 - x)\ CO^2.$$

$x$ est donc le coefficient de CO et $y$ le coefficient de $H^2$ quand le coefficient de C est 1.

Pour 12 g de C, le gaz produit contient les volumes ci-dessous des divers gaz, exprimés en litres à 0 et à 760 mm :



Digitized by Google

| | | |
|---|---|---|
| CO | | $22,32\,x$ |
| $H^2$ | | $22,32\,y$ |
| $CO^2$ | | $22,32\,(1 - x)$ |
| Az | $1,88 \times$ | $22,32\,(2 - x - y)$ |
| Total | | $22,32(4,76 - 1,88\,x - 0,88y)$ |

On en déduit les formules suivantes :

Teneurs exprimées en pour cent :

$$\text{CO} \qquad t_1 = \frac{100x}{4,76 - 1,88x - 0,88y}$$

$$\text{H}^2 \qquad t_2 = \frac{100y}{4,76 - 1,88x - 0,88y}$$

$$\text{CO} + \text{CO}^2 \qquad t_3 = \frac{100}{4,76 - 1,88x - 0,88y}.$$

$$\text{Az} \qquad t_4 = \frac{188(2 - x - y)}{4,76 - 1,88x - 0,88y}.$$

Volume de gaz produit, en mètres cubes par kg de C :

$$V = \frac{186}{t_3}.$$

Eau nécessaire à la production du gaz, en kg de C :

$$p = 1,5\,y.$$

Air nécessaire à la production du gaz, en mètres cubes par kg de C:

$$A = 4,43\,(2 - x - y).$$

Rapport entre les volumes d'air et de gaz produit :

$$a = 1,266\,\frac{t_4}{100}.$$

Pouvoir calorifique supérieur, en calories par mètre cube de gaz :

$$P_s = 1000\,\frac{3,05x + 3,09y}{4,76 - 1,88x - 0,88y}.$$

Calories du gaz produit par kg de C :

$$P_s V = 1860\,(3,05x + 3,09y).$$

Digitized by Google

Rendement thermique, ou rapport entre les calories du gaz produit et les calories du C qui l'a produit :

$$\rho = \frac{P_s V}{8140} = 0,229\,(3,05x + 3,09y).$$

Température de sortie, en milliers de degrés centigrades :

$$(4,23t^2 + 14,6t - 68,2)x + (0,53t^2 + 6,01t - 69)y$$
$$- (5,96t^2 + 34,3t - 97,6) = 0.$$

*Remarque.* — En éliminant $x$ et $y$ dans les diverses formules ci-dessus, on obtiendrait des expressions en fonction des teneurs, qui sont les véritables arguments de la pratique. Je n'ai fait cette élimination que pour mettre en évidence les graduations qui ont même support, V et $t_3$, $a$ et $t_4$.

On voit que l'expression de $P_s$ revient à :

$$P_s = 30,5t_1 + 30,9t_2,$$

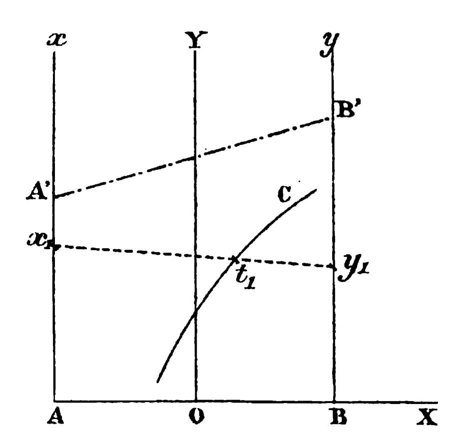
ce qui est bien conforme aux données calorimétriques de Witz (*Traité*, 4[e] édition, page 87).

## Principe et disposition du nomogramme.

Soit une équation linéaire :

$$ax + by + c = 0,$$

dans laquelle $a, b, c$ sont des fonctions d'un paramètre $t$.




Au lieu de la rapporter à deux axes de coordonnées concou-

Digitized by Google

rants, suivant la méthode cartésienne, rapportons-la à deux axes de coordonnées parallèles A$x$, B$y$, en comptant les valeurs de $x$ sur A$x$, à partir de A, et les valeurs de $y$ sur B$y$, à partir de B. On démontre que, dans ce système, la proposée est représentée par une famille de points formant une courbe cotée C. Les coordonnées cartésiennes de ces points, rapportées aux axes OX et OY (ce dernier équidistant de A$x$ et de B$y$), ont les valeurs suivantes :

$$X = \frac{b - a}{a + b},$$

$$Y = \frac{-c}{a + b},$$

en prenant OB = 1, ce qu'il est toujours loisible de faire. Un alignement $x_1y_1$ coupe la courbe C en un point de cote $t_1$ qui correspond aux valeurs $x = x_1$, $y = y_1$.

Pour la bonne disposition de l'abaque *(Pl. 141)*, j'ai fait un petit changement de variable. En effet, tandis que $x$ varie de 0 à 1, $y$ varie de 0 à 1,414 ; ces valeurs limites donnent un trapèze ABA'B' qu'il convient de transformer en un rectangle. Pour cela, il suffit de remplacer $y$ par $1,414y'$, et de construire la courbe :

$$ax + 1,414by' + c = 0,$$

où $x$ et $y'$ varient l'un et l'autre entre 0 et 1.

Sauf la température de sortie des gaz, représentée par une branche d'hyperbole, les divers éléments sont figurés par des droites cotées. Les supports du rendement thermique et des mètres cubes d'air par kg de C sont effectivement distincts, mais si rapprochés à l'échelle de la figure qu'on a pu, sans erreur sensible, superposer le deuxième au premier.

Tout alignement caractérise une allure du gazogène.

L'échelle $\rho$ a sa cote 1 sur l'alignement $x = 0$, $y = 1,414$. Comme le rendement paraît ne pouvoir être supérieur à 1, il semble que les parties utiles du nomogramme soient limitées aux droites tracées en traits interrompus. Mais le rendement thermique a été calculé dans l'hypothèse où la vapeur d'eau n'est pas produite par un foyer indépendant. S'il n'en est pas ainsi, la valeur de $\rho$ lue sur l'échelle doit être multipliée par le rapport $\frac{C_g}{C_g + C_c}$, $C_g$ étant le poids de combustible consommé dans le générateur, $C_c$ le poids consommé dans le même temps

Digitized by Google

avec la chaudière. Il n'est donc pas impossible d'obtenir pour $\rho$ une valeur un peu supérieure à l'unité : tel est le cas du gaz pauvre théorique de Lencauchez, caractérisé par les valeurs $x = y = 0{,}75$. On prend généralement $\frac{C_c}{C_g} = 0{,}1$, ce qui revient sensiblement à multiplier $\rho$ par 0,9.

En raison de cette remarque, l'échelle $\rho$ a été graduée jusqu'à 1,1, et toutes les autres échelles ont été prolongées en dehors de la ligne brisée que forment les traits interrompus.

## Utilisation du nomogramme.

Ce nomogramme ne convient, répétons-le, que pour le cas théorique du coke ou du charbon de bois purs. Il pourrait évidemment être encore utilisé avec un combustible ne contenant, outre le carbone fixe, que des matières inertes et de l'eau; il suffirait alors de prendre pour C le poids de carbone fixe, ou plus exactement de carbone brûlé, et de déduire le poids de l'eau contenue dans le combustible du poids de l'eau à injecter.

Mais, en pratique, un tel combustible n'existe pas. Les charbons maigres, l'anthracite, les meilleurs cokes eux-mêmes contiennent des hydrocarbures qui donnent lieu, dans le gazogène, à des réactions secondaires multiples et inanalysables. Elles ont généralement pour effet d'augmenter la teneur en hydrogène et en oxyde de carbone, et de faire baisser la teneur en anhydride carbonique. De plus, le gaz produit contient le plus souvent du méthane $CH^4$ et de l'éthylène $C^2H^4$ échappés à la décomposition, ainsi que de l'oxygène qui ne s'est pas fixé.

Alors même que le combustible ne contient que des traces d'hydrocarbures, ces réactions secondaires suffisent à fausser tout à fait l'alignement sur lequel est basé l'emploi de l'abaque. Ainsi, considérons les essais faits par M. Bunte dans son laboratoire de Carlsruhe, essais rapportés par M. Witz, par M. Marchis, par M. Sire de Vilar. L'absence de méthane et d'éthylène dans le gaz produit semble prouver que ces hydrocarbures étaient en faible quantité dans le gaz essayé, et l'on se trouve en présence d'un gaz qui ne contient que CO, $H^2$, $CO^2$ et Az, comme dans le cas théorique. Néanmoins, il est facile de constater que les diverses lignes du tableau ci-dessous, qui correspondent à 7 allures du gazogène, ne donnent pas, et à beaucoup près, l'alignement des quatre teneurs.

Digitized by Google

| Poids de vapeur d'eau par kilogramme de coke. | Teneur en CO | H$^2$ | CO + CO$^2$ | Az |
|---|---|---|---|---|
| — | — | — | — | — |
| 0 g | 24,2 | 3,3 | 28,8 | 67,9 |
| 0,51 | 19,6 | 9,1 | 26,6 | 64,3 |
| 0,66 | 19,3 | 12,2 | 27,6 | 60,2 |
| 0,71 | 18,4 | 12,9 | 27,4 | 59,7 |
| 0,75 | 14,6 | 14,0 | 27,8 | 58,2 |
| 0,86 | 12,0 | 15,8 | 24,0 | 60,2 |
| 0,92 | 11,7 | 16,3 | 26,5 | 57,2 |

Je ne puis souscrire au procédé qui consiste à modifier au mieux les teneurs de façon à réaliser l'alignement; une pareille solution ne serait admissible que si les quatre points $t_1$, $t_2$, $t_3$, $t_4$ étaient sensiblement en ligne droite, et cela n'est généralement pas.

En fait, les teneurs finales résultent des réactions qui se font au sein du gazogène, tant aux différents instants qu'aux différentes régions de l'appareil. Les lois formulées en 1884 par Vanit Hoff et par M. H. Le Chatelier montrent que ces réactions sont réglées notamment par des ruptures d'équilibre provenant des variations de la température et de la pression : tel, le cours des rivières est résulté des différences de niveau qui se sont successivement présentées à elles. Dans le cas théorique, on obtient finalement, quelles que soient les réactions que l'on suppose, un gaz dont les teneurs ont entre elles une relation que la Nomographie traduit par l'alignement de ces teneurs : résultat remarquable, mais qui ne saurait subsister en pratique, même avec du coke, puisque les réactions dépendent alors, non seulement des ruptures d'équilibre, mais encore d'autres facteurs tels que la vitesse du courant d'air et de vapeur, la grandeur de la surface incandescente en contact avec ce courant, etc.

En résumé, sauf dans le fonctionnement théorique, les teneurs ne sont pas en ligne droite, de sorte que le nomogramme ne peut être employé.

On pourrait bien utiliser quelques tracés du nomogramme pour déterminer approximativement diverses caractéristiques du fonctionnement des gazogènes industriels quand on connait la composition du gaz produit. Ainsi, soient $t_5$ et $t_6$ les teneurs en $CH^4$ et en $C^2H^4$. Le volume du gaz par kg de combustible et le pou-

Digitized by Google

voir calorifique supérieur de ce gaz sont donnés par les formules (Marchis, pages 130 et suivantes) :

$$V = \frac{185,8}{t_3 + t_5 + 2t_6} \varphi$$

$$P_s = 30,68t_1 + 31,05t_2 + 97,5t_3 + 156,555\, t_6.$$

Ces valeurs servent à déterminer le rendement calorifique du gazogène

$$\rho = \frac{VP_s}{P} \rho'\rho''.$$

Dans ces formules, $\varphi$ désigne le pourcentage du carbone pur dans le combustible, P la puissance calorifique de ce dernier, $\rho$ et $\rho''$ des coefficients de réduction dus à la consommation de combustible par la chaudière indépendante, s'il y en a une, et à la perte de combustible dans les cendres.

Ces formules comprennent bien, comme cas particulier, les valeurs de V, $P_s$ et $\rho$ du cas théorique ; les légères différences dans les coefficients numériques viennent de ce que les divers auteurs n'ont pas pris rigoureusement les mêmes valeurs calorimétriques.

Voici comment on peut se servir des tracés du nomogramme pour déterminer V et $P_s$ :

Sur l'échelle des teneurs en CO + $CO^2$, prenons la cote $t_3 + t_5 + 2t_6$; la graduation accolée donne une valeur qu'il suffit de multiplier par $\varphi$ pour avoir V.

Remarquons que $P_s$ peut s'écrire, avec une approximation bien suffisante (surtout en raison des faibles valeurs de $t_5$ et de $t_6$) :

$$P_s = 30,69t_1 + 31,05\,(t_2 + 3t_5 + 5t_6).$$

Prenons sur l'échelle des teneurs en $H^2$ la cote $t_h = t_2 + 3t_5 + 5t_6$ où figurent toutes les teneurs en produits hydrogénés; la droite $t_1t_h$ coupe l'échelle $P_s$ au point cherché.

Mais, en vérité, le nomogramme n'a plus alors grand intérêt. Son intérêt réel est de constituer le tableau le plus clair et le plus complet des résultats *théoriques*.

Digitized by Google

# CHRONIQUE

## N° 329.

---

Sommaire. — Les locomotives à l'Exposition de Milan *(suite)*. — Le chemin de fer d'Otavi. — Traversée en quatre jours entre l'Europe et l'Amérique. — Le tunnel du Ricken. — La neige sur les chemins de fer. — Un canal d'irrigation en tôle.

### La locomotive à l'Exposition de Milan en 1906 *(suite)*.

Les locomotives autrichiennes et hongroises.

La section autrichienne-hongroise à l'Exposition de Milan contenait huit locomotives dont deux à voie étroite provenant de six ateliers de con struction et dont nous donnons ici une description sommaire.

*Fabrique bohèmo-morave de locomotives, à Prague.* — Cette Société exposait une locomotive type *Atlantic* compound à quatre cylindres PCMPP, construite pour les chemins de fer de l'État autrichien et établie sur les plans de M. C. Golsdorf.

Les quatre cylindres sont en batterie à côté les uns des autres, les cylindres à basse pression à l'extérieur; ils actionnent tous le premier essieu accouplé; chaque cylindre a son tiroir, mais il n'y a qu'un mécanisme de distribution par paire; ce mécanisme est du système Walschaerts.

Les cylindres ont 0,350 et 0,600 m de diamètre et 0,680 m de course; les roues accouplées ont 2,140 m, les roues du bogie 1,034 et les roues d'arrière 1,300 m de diamètre; les essieux accouplés sont distants de 2,80 m et l'écartement des essieux extrêmes est de 9,02 m.

La grille a 3,50 m² et la surface de chauffe totale 217 m² dont 16,5 m² pour le foyer. La pression est de 15 kg. Cette machine pèse à vide 60 600 kg et, en service, 68 000 kg dont 29 000 kg sur les essieux accouplés. Le tender à quatre essieux pèse 50 t avec 21 m³ d'eau et 9 t de combustible. Cette locomotive traine un train de 230 t à 75 km à l'heure sur un profil comportant des rampes de 10 0/0; elle peut réaliser une vitesse maxima de 140 km à l'heure et développer 1 500 ch.

*Fabrique de machines de Floridsdorf.* — Cette fabrique présente une locomotive du type américain *Prairie*, construite pour les Chemins de fer de l'État autrichien; cette locomotive a trois essieux accouplés et deux porteurs un à l'avant, l'autre à l'arrière, PCMCP. C'est une compound à quatre cylindres disposés en batterie comme dans la machine précédente et actionnant tous l'essieu du milieu; ces cylindres sont inclinés; la distribution est du type Walschaerts.

Les cylindres ont 0,370 et 0.630 m de diamètre avec 0,720 m de

Digitized by Google

course. Les roues accouplées ont 1,820 m et les roues de support 1,034 m de diamètre; les essieux de ces dernières ont des boites radiales; les essieux accouplés sont distants de 3,900 m et l'écartement total est de 9,500 m

La chaudière timbrée à 16 kg a une grille de 4 m² et une surface de chauffe de 258 m² dont 13,7 m² pour le foyer. La machine pèse à vide 62 t et 69 t en service, dont 43 t sur les essieux accouplés. Le tender à trois essieux pèse 40 t avec 16,5 m³ d'eau et 8,5 m³ de combustible. Ce type de locomotive est destiné au service sur des lignes accidentées où les déclivités arrivent à 20 0/00; elle peut atteindre sur profil facile des vitesses de 90 km à l'heure.

*Fabrique de locomotives de Wiener-Neustadt, précédemment C. Sigl.* — Cette fabrique a une locomotive à cinq essieux accouplés compound à deux cylindres, étudiée par M. C. Golsdorf et destinée aux chemins de fer de l'État; sa disposition est CMCCC; les cylindres sont inclinés et extérieurs; la distribution est extérieure et du type Walschaerts. Les essieux présentent la disposition avec jeu transversal que nous avons signalée en décrivant la locomotive de la Société berlinoise; on remarque aussi sur la machine de Floridsdorf les longues tiges de piston à guidage intermédiaire dont nous avons parlé.

Les cylindres ont 0,560 et 0,850 m de diamètre et 0,632 m de course; les roues ont 1,300 m et les essieux extrêmes sont distants de 5,600 m. La grille a 3,40 m² et la surface de chauffe 23,3 m² dont 13,7 m² pour le foyer; la pression est de 14 kg. La machine pèse à vide 60 t et 66,5 t en service. Le tender à trois essieux, avec 14 m³ d'eau et 7 m³ de combustible, pèse 36 t. Cette locomotive remorque 280 t sur 26 0/00 à la vitesse de 20 km à l'heure; elle développe un effort de traction de 11 500 kg.

*Fabrique de machines de la Société Autrichienne-Hongroise des Chemins de fer de l'État, à Vienne.* — La locomotive construite par cette Société pour les Chemins de fer de l'État est une machine à six essieux dont cinq accouplés CCMCCP; c'est une compound à quatre cylindres placés en batterie et actionnant tous le même essieu. Les cylindres sont inclinés de 12,5 0/0; la distribution est du type Walschaerts avec un seul mécanisme par paire de cylindres.

La chaudière est de très grande dimension, avec foyer élargi et placé au-dessus des roues; aussi son axe est-il à une grande hauteur, 2,89 m au-dessus du rail. Une particularité est la présence d'un surchauffeur de forme spéciale. Une plaque tubulaire est placée à 1,30 m en arrière de la plaque tubulaire d'avant et la capacité ainsi formée, traversée par le prolongement des tubes, forme le surchauffeur (1).

Les cylindres ont 0,370 et 0,630 m de diamètre et 0,720 m de course; ils sont de même modèle que ceux de la locomotive de Floridsdorf. Les roues accouplées ont 1,450 m de diamètre et les roues de support

(1) Ce surchauffeur désigné sous le nom de Clench-Golsdorf, reproduit la disposition générale d'un appareil de ce genre qui a fait l'objet d'un brevet français du 2 avril 1855, au nom d'Emorine de (Lyon).

Digitized by Google

1,034; les essieux de celles-ci ont des boîtes radiales. Les essieux accouplés sont écartés de 6,54 m, et les essieux extrêmes de 8,67 m.

La chaudière, timbrée à 16 kg, a une grille de 4,6 m² et une surface de chauffe de 195 m dont 15,5 m pour le foyer; la surface du surchauffeur est de 63 m²; elle permet de donner à la vapeur une température de 320 degrés. La machine pèse 70 t à vide et 77 t en service, dont 67,5 t disponibles pour l'adhérence. Elle remorque sur rampe de 25 0/00 des trains de 280 t à la vitesse de 30 km à l'heure et passe sans difficulté dans des courbes de 190 m de rayon.

*Fabrique de locomotives Krauss et Cie à Linz-sur-Danube.* — Cette maison avait deux locomotives à Milan. La première était une machine tender à quatre essieux accouplés CMCC, destinée aux chemins de fer secondaire à voie normale de l'État autrichien, lignes à profil accidenté où on rencontre des déclivités allant jusqu'à 50 0/00. C'est une compound à deux cylindres avec démarrage Golsdorf; les cylindres sont extérieurs ainsi que la distribution du type Walschaerts. L'eau est dans des caisses latérales et le combustible à l'arrière.

Les cylindres ont 0,420 et 0,650 m de diamètre; la course des pistons est de 0,570; les roues ont 1,140 m et l'écartement des essieux est de 3,70 m. La grille à 1,65 m² et la surface de chauffe 100 m², dont 6,55 m² pour le foyer; la pression est de 13 kg. La machine pèse à vide 36 500 kg et avec 5 200 l d'eau et 2 000 kg de charbon, 47 000 kg; elle remorque sur rampe de 50 0/00 un train de 90 t à la vitesse de 20 km à l'heure; elle peut atteindre une vitesse maxima de 50 km.

La seconde locomotive est une machine pour les chemins de fer régionaux à voie de 0,75 m de la Basse-Autriche. Elle présente des dispositions particulières; elle est portée sur quatre essieux accouplés et deux essieux porteurs à l'arrière, soit $\overline{PP}$CMCC; l'arrière de la machine repose sur un prolongement en avant du tender, d'une manière qui rappelle la disposition d'Engerth, et le quatrième essieu accouplé est relié au groupe d'essieux sous le tender par un balancier horizontal du système Helmholtz; les roues de l'essieu moteur qui est le troisième en partant de l'avant n'ont pas de boudins.

Une autre particularité est la présence d'un surchauffeur Schmidt avec tubes de surchauffe dans des tubes à fumée.

Les cylindres sont extérieurs; les tiroirs cylindriques sont commandés par des mécanismes Walschaerts.

Les cylindres ont 0,410 × 0,450 m; les roues 0,900 m de diamètre pour les roues motrices et 0,690 m pour celles du tender; les essieux accouplés sont écartés de 3,100 m et les essieux extrêmes de 8,100 m. La grille a 1,6 m² et la surface de chauffe 72,5 m, dont 6,5 m pour le foyer; la surface du surchauffeur est de 23 m². La machine pèse en service 45 000 kg, avec 5 000 l d'eau et 2 000 kg de charbon; elle remorque un train de 100 t, sur rampe de 23 0/00, à la vitesse de 30 km à l'heure.

*Fabrique de machines des Chemins de fer de l'État hongrois, à Budapest.* — Cette fabrique avait exposé deux locomotives à Milan. La première était une locomotive à grande vitesse, type *Atlantic*, pour les Chemins de fer de l'État hongrois, disposition $\overline{P}$CM$\overline{PP}$, avec bogie à l'avant et essieu

Digitized by Google

porteur à l'arrière. C'est une machine compound à quatre cylindres en batterie actionnant un seul essieu; les tiroirs sont cylindriques et actionnés par un mécanisme Walschaerts pour chaque paire. On a cherché à réduire la résistance de l'air par l'addition d'un cône à l'avant de la boite à fumée et par la disposition en V de la partie antérieure de l'abri.

Les cylindres ont 0,760 et 0,620 m de diamètre et 0,660 m de course; les roues couplées ont 2,100 m, les roues du bogie 1,040 et les roues d'arrière 1,220 m de diamètre. Les essieux accouplés sont distants de 2,20 m et les essieux extrêmes de 9,780 m.

La chaudière, au timbre de 16 kg, a une grille de 3,90 m² et une surface de chauffe de 262 m, dont 12,65 m pour la boîte à feu. La machine pèse à vide 67 t et, en service, 74,5 t, dont 32 t environ sur les essieux accouplés. Le tender, monté sur deux bogies, pèse 47 500 kg, avec 18 000 l d'eau et 8 000 kg de charbon; il a la forme d'un réservoir cylindrique, avec, sur l'avant en-dessus, une caisse rectangulaire pour le combustible. Dans un essai entre Presbourg et Budapest, la machine a remorqué un train de 357 t à la vitesse de 110 km à l'heure, en développant un travail de 1 870 ch.

Le seconde locomotive était une machine à voie de 0,76 m, pour chemin de fer militaire, à quatre essieux couplés munis pour les extrêmes de la disposition Klien-Lindner, qui lui permet de passer dans des courbes de 20 m de rayon. Le foyer est disposé pour brûler du bois. Cette machine pèse 12 600 kg en service et est accompagnée d'un tender à deux essieux contenant 2 000 l d'eau et 1 000 kg de bois, il pèse plein 5 700 kg.

### Locomotives belges.

Les locomotives de provenance belge étaient à Milan au nombre de dix, fournies par huit constructeurs.

*Société de Haine-Saint-Pierre.* — Cette Société exposait une locomotive à voyageurs des Chemins de fer de l'État belge à deux essieux accouplés et bogie à l'avant, avec cylindres intérieurs et tiroirs cylindriques actionnés par des coulisses de Stephenson, employant de la vapeur surchauffée dans un appareil Schmidt à tubes de surchauffe dans les tubes à fumée. Une machine de ce type figurait déjà à l'Exposition de Liège.

Les cylindres ont 0,500 × 0,660 m, les roues motrices et accouplées 1,980 m et les roues du bogie 1,067 m; l'écartement des essieux moteurs est de 2,985 m et l'écartement total 7,300 m.

La chaudière, timbrée à 13 kg, a 2,07 m² de surface de grille et 102 m² de surface de chauffe, dont 12,20 m de surface directe. La surface du surchauffeur est de 24,50 m². La machine pèse 55 t en service, dont 35 t sur les deux essieux accouplés. Le tender, à trois essieux, pèse environ 50 t avec 20 m³ d'eau et 6 t de combustible. Ces locomotives peuvent atteindre une vitesse de 120 km à l'heure.

Une particularité à signaler est la présence sur la chaudière, devant l'abri, d'une petite dynamo actionnée par un moteur à vapeur de 15 ch tournant à 1 000 tours par minute, produisant le courant continu pour

Digitized by Google

l'éclairage de la machine et du train. Sur chaque voiture est un accumulateur pour empêcher la lumière de manquer pendant les arrêts.

*Société John Cockerill, à Seraing.* — La machine exposée par cette Société appartient aux Chemins de fer de l'État belge, c'est une locomotive à voyageurs à trois essieux accouplés avec bogie à l'avant. Elle fonctionne à double expansion, avec surchauffe de la vapeur entre les deux groupes de cylindres.

Les quatre cylindres sont en batterie, ceux à haute pression à l'intérieur et actionnant tous le premier essieu accouplé. Chacun porte un tiroir cylindrique et il y a un mécanisme Walschaerts pour chaque paire de cylindres, une transmission par leviers réunit les tiges des tiroirs de chaque paire.

Le surchauffeur est du système Cockerill; il est formé de tubes de surchauffe repliés sur eux-mêmes et logés dans deux gros tubes de surchauffe à peu près comme dans la disposition de Schmidt, mais les tubes de surchauffe se prolongent très en avant dans la boîte à fumée, de sorte que ce système participe en quelque sorte des deux types de surchauffeurs. On le trouvera d'ailleurs décrit dans le mémoire de M. Herdner sur les locomotives à l'Exposition de Liège, page 443. Dans le surchauffeur de la machine exposée à Milan, la vapeur ne circule qu'une fois dans les tubes, tandis que dans celui de Liège elle circulait deux fois. C'est, nous vous l'avons dit, la vapeur sortant des cylindres à haute pression qui y passe.

Les cylindres ont 0,360 et 0,600 m de diamètre avec 0,680 de course; les grandes roues ont 1,800 m et celles du bogie 0,900 m de diamètre; l'écartement est de 4,10 m pour les essieux accouplés et de 8,20 m pour les essieux extrêmes. La chaudière, timbrée à 15,5 kg, a 3 m² de grille et 176 m² de surface de chauffe, dont 18,35 m pour le foyer; le surchauffeur a 41,5 m². La machine pèse 74 t à vide et 82,3 t en service, dont 51,5 t sur les essieux accouplés. Le tender à trois essieux, avec 20 m³ d'eau et 6 t de combustible, pèse 48 t.

*Ateliers de la Meuse, à Liège.* — La machine des Chemins de fer de l'État belge, exposée par cette Société, diffère peu de la précédente comme disposition générale, mais elle est à simple expansion avec quatre cylindres égaux placés en batterie sous la boîte à fumée et actionnant tous le même essieu, celui d'avant; les manivelles des cylindres accolés sont calées à 180 degrés. Chaque cylindre a un tiroir à piston avec un mécanisme Walschaerts par paire. Il y a un surchauffeur Schmidt composé de petits tubes repliés sur eux-mêmes et placés dans 25 tubes à fumée de 0,127 m de diamètre.

Les cylindres de cette locomotive ont 0,435 × 0,600 m; les roues accouplées ont 1,98 m et les roues du bogie 0,90 m de diamètre; l'écartement est de 4,32 m pour les essieux accouplés et de 8,75 m pour les essieux extrêmes. La chaudière, avec 14 kg de pression, a 3 m² de grille et 156 m de surface de chauffe, dont 16,9 m pour le foyer; le surchauffeur a 36,2 m².

La machine pèse à vide 76 000 kg et, en service, 82 000 kg, dont 52,5 kg disponibles pour l'adhérence; l'essieu le plus chargé supporte

Digitized by Google

18 200 kg. Le tender est du même modèle que celui des machines précédentes.

*Société Franco-Belge, à La Croyère.* — La locomotive exposée par cette Société et appartenant aux Chemins de fer de l'Etat belge peut faire le service de voyageurs ou celui de marchandises; elle a trois essieux accouplés et un bogie à l'avant; il y a deux cylindres intérieurs à simple expansion qui actionnent le premier essieu accouplé; la distribution par coulisse Stephenson est à l'intérieur. Cette machine est munie d'un surchauffeur Schmidt dans les tubes à fumée.

Les cylindres ont 0,520 × 0,660 m; les roues accouplées 1,600 m et les roues du bogie 1,070 m; l'écartement est de 3,80 m pour les essieux accouplés et 8,900 m pour les essieux extrêmes. La pression est de 14 kg; la grille a 2,84 m², la surface de chauffe 145 m, dont 14,9 pour le foyer; le surchauffeur a 33 m².

La machine pèse 64 300 kg à vide et 70 200 kg en service, dont 52 600 kg servent à l'adhérence. Le tender est du même modèle que pour les précédentes locomotives.

Avec l'application de la surchauffe qui avait, au moment de l'Exposition, été faite à cinq machines de ce modèle, on remorque un train de 375 t à 40 km à l'heure sur rampe de 13 0/00; le travail développé atteint 1 200 ch.

*Ateliers de la Métallurgique, à Tubize.* — Ces ateliers avaient envoyé à Milan une locomotive des Chemins de fer de l'État belge, également à trois essieux couplés et un bogie à l'avant et compound à quatre cylindres, mais d'une disposition autre que les compound à quatre cylindres précédentes; c'est l'arrangement généralement employé sur les chemins de fer français : une paire de cylindres actionnent un essieu et l'autre paire un autre essieu, CMMPP.

Les cylindres à haute pression sont, comme d'habitude dans ce modèle, à l'intérieur et les cylindres à basse pression à l'extérieur; il y a quatre mécanismes Walschaerts, un pour chaque cylindre, par conséquent deux à l'intérieur et deux à l'extérieur. Les tubes, au nombre de 139, de 4,40 m de longueur, sont du système Serve.

Les cylindres ont 0,360 et 0,600 de diamètre et 0,640 m de course, les roues accouplées 1,80 m et les roues du bogie 0,90 m de diamètre; les écartements sont de 3,90 m pour les essieux accouplés et de 8,20 m pour les essieux extrêmes.

La chaudière, timbrée à 16 kg, a une grille de 3,10 m² et une surface de chauffe de 239 m², dont 16,2 m pour le foyer. La machine vide pèse 73 000 kg et, en service, 77 000 kg. Le tender est du même modèle que les précédents. *(A suivre.)*

**Le chemin de fer d'Otavi.** — Le chemin de fer d'Otavi, dans les possessions allemandes du sud-ouest de l'Afrique, établi à la voie de 0,60 m, a une longueur de 580 km. Il a été construit par la Société Arthur Koppel pour le transport des minerais de cuivre des mines d'Otavi au port de Swakopmund, mais a été ouvert récemment au trafic général pour améliorer les conditions économiques de la colonie.

Une des plus grandes difficultés qu'ait rencontrées l'exécution de ce

Digitized by Google

travail, a été le recrutement des ouvriers. A peine les premiers coups de pioche étaient-ils donnés, que l'invasion des Hereros, en 1903, vint tout arrêter; la plupart des ouvriers indigènes prirent la fuite et on dut garder de force les autres, jusqu'à ce qu'en mai 1904, les entrepreneurs craignant de trop grands retards, décidèrent d'amener environ 300 ouvriers européens. Les opérations militaires souffrirent beaucoup de l'absence de voies perfectionnées de transport; on ne disposait que de charrettes attelées de bœufs et l'importance du trafic rendait ces moyens tout à fait illusoires.

En présence de cette situation, le Gouvernement allemand encouragea l'activité des constructeurs par l'offre de primes élevées, d'abord pour l'achèvement de la première section aboutissant à Ouguati (distance, 177 km), puis, pour la seconde, jusqu'à Karibib, sur 198 km, et enfin jusqu'à Omaruru. On engagea 600 indigènes Orambos et 750 Italiens. On eut beaucoup de désagrément avec ces derniers, qui se prévalaient des conditions difficiles de la vie dans la colonie pour exiger des augmentations de salaire et organiser des grèves incessantes. Les choses s'améliorèrent toutefois au printemps de 1905 et les travaux avancèrent rapidement. On finit par déterminer des Hereros à travailler au chemin de fer, et comme le bruit se répandit bientôt que les ouvriers étaient bien traités et bien payés, les anciens révoltés affluèrent. Chose singulière, ces belliqueux indigènes se montrèrent non seulement d'habiles ouvriers, mais des hommes plus faciles à conduire qu'aucun des autres noirs employés sur les travaux.

Une autre difficulté se rencontra dans les conditions insuffisantes de débarquement fournies par le port de Swakopmund. Les appontements et quais qui, en temps normal, se prêtaient au trafic ne pouvaient suffire à la quantité de marchandises importées à l'occasion des travaux du chemin de fer. On dut construire un appontement spécial pour pouvoir effectuer avec régularité les opérations de déchargement.

Le tracé de la ligne d'Otavi part de Swakopmund en direction parallèle avec le chemin de fer du Gouvernement Swakopmund-Windhuk jusqu'à Roessing, après quoi il tourne au nord-ouest. Le terrain s'élève de Swakopmund qui est seulement à 15 m au-dessus du niveau de la mer, à une altitude de 1 565 m au point culminant. La ligne, jusqu'à Omaruru, traverse un désert où on rencontre seulement des herbes et des broussailles et où l'eau est très rare. Il est intéressant d'indiquer ici que des sondages exécutés, tant par le Gouvernement que par la Société Koppel, à des endroits désignés par M. von Uslar, à l'aide de la baguette divinatoire, ont donné d'excellents résultats.

La partie du chemin de fer aboutissant à Omaruru a été achevée en septembre 1906, après deux années de travail, tandis que la section Omaruru-Tsuwed, de longueur à peu près égale, n'a demandé qu'une année. Cette différence s'explique par le plus grand nombre d'ouvriers dont on disposait pour la seconde, ainsi que par la disposition plus favorable du terrain.

Les déclivités du profil en long arrivent à 15 0/00 et exceptionnellement à 23; le rayon des courbes ne descend pas à moins de 300 m, sauf dans les stations où il descend à 150 et exceptionnellement à 80.

Digitized by Google

Il y a 110 ponts tous en métal avec piles et culées en maçonnerie. Le plus important, jeté sur le Khan, près d'Usakor, a cinq travées de 20 m de portée chacune; un autre, près d'Erundu, au kilomètre 346, a trois travées de 20 m.

La superstructure est en rails d'acier posés sur traverses du même métal. Le rail à patin a une longueur normale de 9 m et une hauteur de 90 mm; il pèse 15 kg le mètre. Les traverses, de 1,25 m de longueur, pèsent 12 kg; il y en a treize par longueur de rail; les rails sont éclissés, et fixés sur les traverses par crochets avec écrous en dessus. Cette voie est beaucoup plus lourde que celle du chemin de fer de l'État, bien que l'écartement soit le même pour les deux, 0,60 m.

Il y a à Usakor un atelier central de réparation pour locomotives et wagons, comprenant forge, ajustage, montage, etc., avec locomobile de 40 ch; cet atelier peut occuper une quarantaine d'ouvriers européens et une centaine de noirs. Il y a, en outre, des ateliers de moindre importance à Swakopmund, Omaruru et Objiourougo.

Il y avait d'abord deux types de locomotives à peu près semblables, fournies, les unes par la maison Henschel et les autres par la maison Jung; ces machines ont trois essieux accouplés, et peuvent remorquer un train de 80 t à la vitesse de 40 km à l'heure. On a ajouté récemment des locomotives plus fortes, construites par Henschel, et pouvant remorquer 100 t sur rampe de 20 0/00 à 15 km à l'heure; elles ont trois essieux accouplés et un bissel à l'arrière, et pèsent, en service, 23 t, dont 18 de poids adhérent. Il y a en tout 36 locomotives..

Le nombre des wagons à marchandises est de 222 dont 132 wagons plateformes, 55 à bords hauts, 20 couverts, 5 à bestiaux et 10 wagons à deux hauteurs d'attelage servant à raccorder les wagons du chemin de fer d'Otavi et ceux du chemin de fer de l'État, dont les attelages sont à des niveaux différents.

Les wagons plateformes pèsent 3 600 kg et peuvent porter 10 000 t.

Les voitures à voyageurs sont mixtes, il y a une plateforme à chaque extrémité; elles peuvent recevoir 12 voyageurs de 1re classe dont 8 assis et 16 de 2e, dont 12 assis. Les taxes kilométriques sont de 0,125 f pour la première classe et 0,075 f pour la seconde. Les indigènes voyagent dans des wagons de marchandises pourvus de banquettes à un prix très inférieur.

En mars 1906 on a transporté 4 000 t de marchandises, ce chiffre a augmenté graduellement pour atteindre 9 600 t en octobre de la même année; ce même mois, le nombre des voyageurs s'est élevé à 1 000 blancs et 1 500 indigènes. Le prix d'établissement du chemin de fer d'Otavi ne dépasse pas 37 500 f par kilomètre.

**Traversée en quatre jours entre l'Europe et l'Amérique.** — On a réalisé de merveilleux progrès dans la navigation transatlantique et la durée des traversées entre l'Europe et les États-Unis a été réduite en un demi-siècle de quinze à cinq jours et quelques heures. Les vitesses ont passé de 9 à 12, puis 15 et 20 nœuds, pour atteindre même 23 et, probablement dans trois ou quatre mois, les nouveaux paquebots Cunard réaliseront-ils les 25 nœuds annoncés. Ces progrès dans la vitesse ont été

Digitized by Google

accompagnés d'améliorations analogues dans le confort des installations, rendues possibles par l'accroissement parallèle des dimensions des navires.

Il est remarquer que ces avantages ont été réalisés progressivement et sans secousses. Les tentatives faites pour franchir d'un saut de grands intervalles n'ont pas été heureuses, le *Great Eastern* en est un exemple. Il y a une vingtaine d'années, nous avons eu occasion de parler ici des projets de paquebots rapides de Fryer et de Lundborg, qui n'ont pas même été l'objet de tentatives de réalisation; il semble qu'il y a là une application de l'adage : « La nature ne fait pas de sauts. » Le projet dont parlent en ce moment les journaux américains sous le titre *The four day iner*, c'est-à-dire le navire franchissant l'Atlantique en quatre jours, donnera-t-il un démenti au proverbe que nous venons de citer?

Un Ingénieur américain a étudié récemment la possibité de faire un navire donnant une vitesse de 30 nœuds et pouvant faire en quatre jours la traversée d'Europe aux États-Unis. Il a terminé les plans de construction d'un contre-torpilleur de 625 tx de déplacement avec machine de 12000 ch, qui devra maintenir à la mer une vitesse de 30 milles à l'heure, ce qui représente un parcours de près de 3000 milles en quatre fois vingt-quatre heures. L'intérêt de ce projet est que le moteur sera actionné par du gaz produit par des gazogènes; ce sera la première application de ce moteur à un navire de grande puissance et de grande vitesse. D'après l'auteur, le moteur ne pèsera que 210 t, soit 17,5 kg par ch.

Il y a une grosse différence entre un destroyer de 625 tx et un paquebot transatlantique de 20000 ou 30000 et, bien que l'auteur du projet affirme qu'il peut obtenir une puissance de 30000 ch avec un moteur pesant, gazogène compris, 500 tx et qu'il lui suffise de 850 t de pétrole brut pour développer cette puissance sur un parcours de 3000 milles, il est certain que, si même un tel navire pouvait être réalisé, il serait de trop faible capacité pour avoir une valeur commerciale quelconque dans un service de ce genre.

Le journal auquel nous empruntons ces renseignements, le *Scientific American*, se défend d'avoir aucune hostilité contre le moteur à gaz; il trouve, au contraire, que ce moteur, dans les applications limitées qu'il a reçues jusqu'ici dans la navigation, a montré les mêmes qualités qu'à terre et que l'économie notable qu'il permet d'obtenir par rapport à la machine à vapeur est bien prouvée. Mais les applications ont été d'importance assez faible et on doit ajouter qu'elles n'ont réussi qu'à la condition d'employer de l'anthracite dans les gazogènes; on n'a point actuellement d'appareils de ce genre appropriés pour brûler des charbons gras, la question des produits accessoires donnés par ces charbons n'étant point résolue jusqu'ici. On a tourné la question dans le projet en faisant usage de pétrole; mais il reste à prouver que le combustible liquide réussirait dans les grandes installations que nécessiterait un paquebot transatlantique. Si ce point était démontré, un grand pas serait fait pour la solution du problème du navire de quatre jours.

On ne peut se dissimuler, d'autre part, que la construction de moteurs à gaz développant 30000 à 40000 ch présente de très sérieuses difficultés.

Digitized by Google

Les unités entre lesquelles serait divisée la puissance devraient nécessairement avoir des dimensions considérables et on est amené, pour la propulsion des très grandes coques à une vitesse très élevée, à des limites dans le diamètre des propulseurs et dans leur vitesse de rotation. Il ne faudrait pas croire qu'on puisse résoudre le problème par l'emploi de moteurs multiples actionnant a un grand nombre de tours des hélices de faible diamètre. Dans le *Carmania*, on a dû réduire la vitesse de rotation des turbines de 20 0000 ch et le résultat a été que le poids s'est trouvé sensiblement le même que celui des machines alternatives du navire jumeau le *Caronia*.

Non seulement des gazogènes de 30 000 à 40 000 ch seront des appareils difficiles à installer et à desservir, mais les moteurs donneront lieu à des difficultés spéciales, pour le refroidissement, par exemple. Il faudra faire circuler l'eau non seulement autour des cylindres, mais aussi dans les pistons et leurs tiges; et alors les inégalités de dilatation et le décentrement possible seront une cause de dérangements et d'avaries. Mais la construction des grandes turbines a montré qu'on pouvait vaincre bien des difficultés et semble donner des assurances au point de vue qui nous occupe.

Il faut dire que les avantages pour le public et pour les Compagnies de navigation de la substitution du moteur à combustion interne à la machine à vapeur seraient nombreux et importants.

Avec le pétrole, on pourrait loger le combustible dans le double fonds du navire et disposer, en faveur des installations des voyageurs ou pour le chargement, de l'emplacement actuel des soutes à charbon; les inconvénients dus à la fumée, à la poussière, à l'odeur, à l'enlèvement des cendres disparaîtraient et la suppression des énormes cheminées serait un double avantage au point de vue de l'aspect du navire et à celui de la réduction de la résistance de l'air.

**Le tunnel du Ricken.** — Nous avons parlé, dans la Chronique de juillet 1904, page 115, du tunnel du Ricken, en Suisse, dont la longueur est de 8 604 m et qui viendra par suite en cinquième rang parmi les tunnels de chemins de fer, c'est-à-dire immédiatement après celui de l'Arlberg. Cet ouvrage, commencé à la fin de 1903, devait exiger cinquante et un mois pour sa construction.

La longueur de la galerie de base à la fin de mars 1907 était de 3 677 m pour le côté sud Kaltbrunn et de 4 153,6 m pour le côté nord Wattwill, ce qui fait un total de 7 830,6 m, soit 93 0/0 de la longueur. Du côté sud, on travaille dans le grès calcaire et du côté sud dans la marne et dans le grès. On pourrrait donc, à raison d'un avancement moyen de 7 m par jour pour les deux côtés à la fois, ce qui est le chiffre de mars, terminer le percement de la galerie de base en $\frac{602}{7} = 86$ jours, soit à la fin de juin. Mais on rencontre une très sérieuse difficulté dans des dégagements considérables de grisou qui, sur certains points, ont pris des proportions inquiétantes, surtout sur le versant nord; ainsi, le 28 mars, du côté sud, à 3800 m du portail et le 9 mars du côté nord, à 4141 m du portail. Pour éviter les explosions, on enflamme le gaz à la sortie de la



Digitized by Google

roche; du côté sud, la flamme a 1,5 m² de surface et, du côté nord, elle a la forme d'un jet puissant d'environ 1 m de longueur. On brûle le gaz et la température ambiante s'élève à 50 degrés centigrades, ce qui rend tout travail à l'avancement impossible, mais l'interruption n'est pas de grande longueur.

On avait d'abord supposé que ces dégagements de grisou pouvaient provenir de dépôts carbonifères situés au centre de la montagne et dont un affleurement était atteint par la galerie d'avancement; mais l'examen des roches parait devoir faire abandonner la supposition de l'existence de la houille dans cette région. Comme compensation à la gêne amenée par le grisou, les venues d'eau sont modérées, 23,5 l par seconde au sud et 2 l seulement au nord.

Des nouvelles plus récentes nous apprennent que, pendant le mois d'avril, il n'a pas été possible de reprendre le travail sur les fronts d'attaque à cause des émanations de gaz; par contre, les autres travaux et la maçonnerie ont avancé normalement, en sorte que l'achèvement du tunnel a été poursuivi du côté sud sur 170 m et du côté nord sur 116 m. A la fin du mois d'avril, le tunnel était complètement terminé sur une longueur de 6 281 m, soit 73 0/0 de la longueur totale.

Enfin, pendant le mois de mai, il n'a pas été non plus possible de poursuivre les travaux de percement du tunnel. Par contre, on a pu avancer les autres travaux d'agrandissement et de maçonnerie, de sorte que la partie du tunnel actuellement terminée atteint une longueur de 6,5 km, soit 76 0/0 de la longueur totale.

**La neige sur les chemins de fer.** — Comme exemple des difficultés qu'ont éprouvées, dans certaines régions, les voies ferrées de la part de la neige, l'hiver qui vient de finir, nous citerons les faits suivants relatifs à la ligne régionale à voie de 1 m de la Chaux-de-Fonds à Saignelegier dont le point culminant se trouve à 1 036 m. Nous empruntons ce qui suit à un journal local.

« Voici le récit d'un voyage que je viens de faire dans les Franches-Montagnes.

» Parti jeudi soir, 21 février, de Saignelegier pour Les Bois, avec l'intention de suivre ma tournée dans la direction de la Chaux-de-Fonds, je pus arriver sans trop de peine aux Bois, en prenant place dans le fourgon, car il n'y avait pas de voitures de voyageurs et les deux locomotives, précédées du triangle, suffisaient à peine à ouvrir les tranchées dans la neige qui obstruait la voie.

» Vendredi matin, mes affaires terminées, je vais à la gare; impossible de partir pour la direction de la Chaux-de-Fonds; la ligne est bloquée dans la direction de La Ferrière à environ 400 m de la gare des Bois, où une équipe d'une quinzaine d'hommes, ainsi que les deux machines essaient de dégager la voie. Cela dura toute la matinée: à midi, l'avance faite était de 20 mètres. Le chef de gare des Bois, voyant l'inutilité de vouloir continuer dans cette direction, fait rentrer l'équipe et les machines en gare où une bonne soupe chaude attendait les hommes d'équipe; pour revenir de l'endroit où elles étaient bloquées, les machines devaient parcourir une rampe légère, où la neige s'était

Digitized by Google

amoncelée ; il leur a fallu en trois fois retourner en arrière et revenir avec plus de force pour arriver à faire une trouée dans la neige et finalement arriver en gare. Le coup d'œil de ces deux machines luttant contre les remparts de neige était de toute beauté ; lorsque le choc se produisait, on voyait se soulever en éventail comme des vagues de neige qui nous cachaient la vue des machines.

» A midi et demi, le chef de gare nous dit qu'il ne pouvait pas faire partir le train ; seules les deux machines et l'équipe d'ouvriers devaient partir dans la direction de Saignelegier pour maintenir la voie ouverte. Comme je ne tenais pas à rester plus longtemps dans ce pays, je demandai au chef de gare si je pouvais partir avec les machines.

» Adressez-vous au mécanicien ; s'il veut vous prendre, cela le regarde. »

» Le mécanicien étant d'accord, nous avons pris place avec trois autres voyageurs et le facteur sur la machine. Nous étions les uns sur le toit, les autres dans l'intérieur de l'abri. A midi 40 m., départ et grande lutte contre la neige, pour arriver à 5 heures et quart à Saignelegier, soit une distance de 14 km, ce qui représente une vitesse moyenne de marche de cinq à six kilomètres à l'heure, arrêts déduits. Le parcours a été assez mouvementé ; lorsque le triangle s'enfonçait dans la masse de neige, on voyait l'avant de la première locomotive se soulever et les vagues de neige projetées de côté. On avait plutôt l'illusion d'un bateau que d'un chemin de fer.

» Le combat principal s'est livré à environ 200 m de la gare du Boechet, (point culminant 1 036 m d'altitude), où la neige était tellement accumulée qu'il a été impossible d'aller plus loin ; tout le monde descendit.

» Devant la machine de tête, il y avait une masse de neige d'environ deux mètres ; l'équipe des ouvriers, à laquelle s'était jointe une autre équipe, venant du Creux-des-Biches, a mis une heure et demie pour dégager le convoi, ensuite pour les deux équipes réunies, une bonne marmite de soupe les attendait à la gare du Boechet. Ah ! certes, ils y ont fait honneur. Nous sommes remontés ensuite sur les toits des machines et... départ.

» A Saignelegier, où on ne comptait plus nous voir arriver, grande réception sur le quai par les autorités de la Compagnie, soit le chef de gare et l'aiguilleur.

» C'était heureusement la fin de notre aventure.

» Le soir, à 7 heures, les deux machines sont reparties pour les Bois en compagnie du curé des Breuleux qui tenait absolument à rentrer au moins aux Emibois le soir même, toutefois après avoir été averti par le chef de gare qu'en cas d'accident la Compagnie déclinait toute responsabilité. Sur ce, je me suis empressé de prendre mon train dans la direction de Glovelier en me disant qu'on ne m'y prendrait plus d'aller dans ce pays par un temps pareil, mais heureux quand même d'avoir fait le plus pittoresque des voyages que l'on puisse désirer, comme partie de plaisir. »

Le récit que nous venons de donner est plutôt amusant, mais, dans la même région, à une cinquantaine de kilomètres du théâtre des scènes

Digitized by Google

précédentes, les conséquences des chutes de neige ont eu une toute autre importance.

Nous empruntons au *Bulletin de la Chambre de Commerce française de Genève* les renseignements suivants sur ce qui s'est passé au cours de l'hiver sur la ligne de Frasne-Vallorbe.

Le 9 décembre 1906, réduction de 20 0/0 dans la composition de tous les trains, entre Andelot et Pontarlier.

Du 10 au 13 décembre, réduction des trains impairs de marchandises à 15 véhicules et des trains pairs à 20; réduction des trains omnibus de voyageurs à deux fourgons, une voiture de première classe et une de deuxième.

Le 13, les trains reviennent à leur composition normale, mais, quelques heures après, cette composition se modifie; le wagon-restaurant du train 515 est retiré à Mouchard et les trains de marchandises voient leurs véhicules réduits de 30 0/0. Le 14 décembre, dès 2 h. 30 m. du soir, les trains de marchandises sont réduits à 20 véhicules pour le sens pair et à 15 pour le sens impair. Le 15, les trains de marchandises 4307, 6519, 6521 et 6523 sont supprimés et les autres réduits de 30 0/0. Du 16 au 21 décembre, tous les trains de marchandises de nuit sont supprimés et ceux de jour réduits de 30 0/0. Le 22, les trains de marchandises de jour sont réduits de 20 0/0. Le 24, les trains de marchandises ne comprennent plus que 15 wagons à la montée et 20 à la descente.

Pendant cette même période du 15 au 22, les trains de voyageurs n'ont plus qu'une voiture de troisième classe au lieu de trois.

*(A suivre).*

**Un canal d'irrigation en tôle.** — Un travail intéressant a été exécuté tout récemment en Égypte et nous en donnons ici une description succincte d'après les journaux anglais. Il s'agit d'un canal destiné à alimenter un réservoir à Kôm-Ombo, près du barrage d'Assouan, dans la Haute-Égypte; il a été exécuté par la maison Thomas Piggott et C^ie. de Birmingham.

Ce canal devant être établi dans le sol sablonneux et instable du désert, on ne pouvait songer à le faire en béton ou en maçonnerie et, d'autre part, la nature poreuse du terrain n'aurait pas permis de le creuser simplement dans le sable. Il semble que la seule solution pratique fût l'emploi d'un demi-cylindre en tôle qu'on placerait sur le sol et dont on remblayerait le dessous avec de la terre.

La section est sensiblement demi-circulaire avec 6 m de diamètre; les côtés sont surhaussés verticalement de 0,50 m. ce qui donne une profondeur totale de 3,50 m au centre. Il y a des membrures extérieures en fer à T de 125 $\times$ 37 placées à des intervalles de 0,76 m sur lesquelles est rivée la tôle de 6,35 mm d'épaisseur qui forme les parois du canal; les feuilles ont 4,50 m de longueur; il y en a sept dans le pourtour. Les bords supérieurs des tôles sont entretoisés par des fers plats de 75 $\times$ 9 mm et des cornières de 75 $\times$ 60.

Une question délicate était la nécessité de parer à la dilatation. Dans ce but, on a divisé le canal en 17 sections de 100 m de longueur chacune;

Digitized by Google

ces sections sont séparées par un bassin en maçonnerie avec lequel elles se raccordent au moyen d'un joint à glissement.

Ce joint est formé de la manière suivante : la tôle est renforcée aux extrémités des sections par une bande formant doublure assemblée par des rivets à tête fraisée; le conduit repose sur des bouts de rails fixés dans la maçonnerie des bassins ; le joint est fait par des cordes de chanvre suiffées placées dans l'intervalle laissé entre deux cornières opposées par leurs faces plates et rapprochées par des boulons de serrage; la tôle frotte sur la saillie que font les cordes et la pression de l'eau dans le canal contribue à assurer l'étanchéité.

L'ouvrage dont nous nous occupons a été établi dans le désert où la température dans la journée atteignait 47 degrés centigrades, aussi le travail était-il suspendu de midi à 3 heures; on ne pouvait travailler la nuit à cause des scorpions qui sortaient du sable; on peut juger par là des difficultés qui ont été rencontrées; on n'a employé que des ouvriers indigènes, au nombre de sept cents avec huit contremaîtres anglais. Ces ouvriers faisaient de bon ouvrage avec les riveuses à air comprimé; mais ils manquaient de coup d'œil et on avait beaucoup de peine à les empêcher de boire l'huile de graissage ou de s'en frotter le corps.

Le montage s'effectuait au moyen d'un pont roulant en bois très simple. On creusait d'abord dans le sol une tranchée qu'on remplissait de sable sur lequel on posait des chantiers en bois servant à porter les membrures et la tôle qu'on soutenait sur les côtés par des étançons en bois. A mesure qu'on avait achevé une section de 100 m, on enlevait les bois et on remblayait sous le canal et sur ses côtés avec de la terre mouillée et bien damée. Avant ce remblayage, on éprouvait de grandes difficultés par suite de la différence de longueur entre le côté au soleil et le côté à l'ombre; mais cet effet a entièrement disparu depuis que le canal est enterré.

On a employé 1 250 t d'acier dont 650 000 rivets. Le travail a demandé cinq mois.

---

Digitized by Google

# COMPTES RENDUS

## SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AVRIL 1907.

Rapport de M. A. LIVACHE, **sur une peinture exempte de plomb** susceptible d'être appliquée directement sur le fer.

Cette peinture est un produit à base de silicate d'alumine et d'oxyde de zinc auquel on a donné le nom de *Grisol*. Ce produit est broyé à l'huile et additionné, comme siccatif, de résinate de manganèse. Il est entièrement exempt de plomb, sa couleur est gris-ardoise, par addition d'une petite quantité de noir de charbon ; il peut être appliqué sur le fer comme couche définitive.

Son pouvoir couvrant est considérable. Ainsi 1 kg de grisol couvre 15 $m^2$, tandis que 1 kg de minium en poudre ne couvre que 7,23 $m^2$.

On arrive par mètre carré à un prix de 0,081 f pour le grisol n° 2 contre 0,182 f pour le minium.

On admettra que ce produit, dont l'emploi s'est déjà répandu dans l'industrie, est appelé à attirer l'attention très sérieuse des architectes et des industriels tant par les avantages économiques qu'il présente que par sa parfaite innocuité pour les ouvriers qui s'en servent.

Rapport de M. FLAMANT sur **la borne-fontaine** de M. BAYARD.

L'auteur s'est proposé, dans ce modèle, de s'opposer au gaspillage de l'eau qui est trop fréquent avec les systèmes ordinaires. Le principe consiste à faire ouvrir l'orifice qui donne l'eau par un volant à poignée, mais par l'interposition d'une sorte de pendule conique, dont les masses pesantes s'écartent d'abord pour redescendre dès qu'on arrête le mouvement du volant, elles ferment dès lors le passage à l'eau. Il faut donc faire tourner d'une manière permanente le volant à poignée pour avoir de l'eau ; dès qu'on cesse de tourner, le débit s'arrête. On évite ainsi toute dépense d'eau involontaire et par suite tout gaspillage. Ce système ingénieux et efficace a déjà reçu plusieurs applications.

**Une lampe à vapeur de mercure**, par M. DE RECKLINGHAUSEN.

La lampe dont il s'agit est construite par M. Cooper Hewitt avec la collaboration de M. G. Westinghouse ; elle est remarquable par sa couleur, caractérisée par les quatre lignes du spectre de la vapeur de mercure, spectre qui ne contient aucun rayon rouge, de sorte que les objets teintés de rouge sont complètement changés.

Le rendement de cette lampe est beaucoup plus élevé que celui de

Digitized by Google

toutes les autres sources artificielles de lumière ; ainsi elle consomme 0,5 watt par bougie, tandis que la lampe à incandescence en dépense 4, soit 8 fois plus et la lampe à arc à l'air libre 1,1 soit 2,2 fois plus.

Cette lampe est surtout applicable à l'éclairage industriel et, comme elle émet beaucoup de rayons chimiques, elle peut être employée avec succès à la photographie et à tous les arts de reproduction.

**La concurrence américaine,** par M. Viallate. Deuxième partie.

L'auteur débute, dans ce travail très développé et très documenté, par exposer le développement de l'industrie américaine depuis un demi-siècle ; il nous suffira de dire, pour en donner une idée, qu'alors que la population passait de 23 à 76 millions, la valeur des produits fabriqués passait de 1 à 13 ; mais le grand mouvement d'expansion s'est produit dans les vingt dernières années.

La valeur de l'exportation, qui était en 1880 de 103 millions de dollars, passait en 1903 à 452. Les mêmes valeurs sont pour la France 339 et 466, soit une augmentation de 37 0/0 alors que, pour les Etats-Unis, elle a été de 340 0/0.

La note étudie l'organisation industrielle, le personnel, chefs d'industrie et ouvriers, les usines, l'outillage et l'organisation du travail, la législation ouvrière, les forces ouvrières et, vis-à-vis, les forces patronales.

La seconde partie examine l'expansion industrielle, l'exportation des produits manufacturés, les marchés que visent les Américains, les projets en vue d'aider à l'expansion industrielle, parmi lesquels les voies de communication, la renaissance de la marine marchande, etc.

La conclusion de M. Vialatte est que l'exportation industrielle des États-Unis n'a pas actuellement l'importance qu'on est porté à lui donner ; l'invasion des marchés européens n'est pas un fait accompli et celle des marchés neutres est encore moins avancée. Il faudrait une crise économique aux États-Unis pour que cette invasion fût véritablement à craindre. Une question importante se pose également, c'est celle de savoir si le développement de l'industrie américaine va continuer à se développer avec la rapidité qu'on a constatée pendant le dernier quart de siècle. Sans qu'on puisse se risquer à répondre à cette question, on peut dire qu'il existe des symptômes précurseurs d'un certain ralentissement de la vitesse acquise.

L'auteur croit d'ailleurs la concurrence industrielle des États-Unis beaucoup plus redoutable pour l'Angleterre et l'Allemagne que pour la France qui semble appelée à exporter surtout des articles de luxe et de demi-luxe. Il est enfin probable que les États-Unis se verront un jour forcés de modifier leur politique douanière et l'intransigeance de leur protectionnisme.

**Notes de chimie,** par M. Jules Garçon.

Nous signalerons dans ces notes les sujets suivants : Analyse capillaire. — Sur les colloïdes. — Fixation de l'azote atmosphérique. — Préparation de l'acide chromique. — Le four électrique dans les industries céramiques. — Le verre de quartz. — L'industrie du radium. — Métaux et minerais rares. — Manchons à incandescence. — Galvanisa-

Digitized by Google

tion électrique. — Le camphre artificiel. — Perfectionnement dans la fabrication du chlorhydrate de pinène. — Préparation d'éthers gras. — Conservation des bois. — Sur les arséniates insecticides, etc.

**Notes de mécanique.**

On trouve sous cette rubrique : une étude sur la pyrométrie optique, une note sur les autobus à pétrole et une sur les équations et diagrammes de la marche des gazogènes.

---

## ANNALES DES MINES

---

*1re livraison de 1907.*

Notice géologique et minière sur **le bassin cuprifère de Kouilou-Niari** (Congo français), par M. D. LEVAT, Ingénieur civil des Mines.

Cette étude, rédigée à la suite d'une prospection effectuée en 1906, décrit d'abord la composition et la stratigraphie des terrains du bassin traversé par la mission et s'occupe particulièrement des gisements de cuivre, dont la présence, dans la région du Congo et de l'Ogooué, est connue depuis longtemps; la note donne une description de ces gisements dont certains sont exploités par les indigènes. De cet examen, l'auteur conclut en faveur des parages qui doivent être l'objet de recherches méthodiques pour assurer le plus de chances possibles de succès. A son avis, aucun des gites connus n'est susceptible d'exploitation immédiate et on n'en est qu'aux débuts de la période des recherches.

M. Levat a traité avec quelques développements la question des voies de communication qui présente une très grande importance; la création d'une voie ferrée est, en effet, une question vitale pour la colonie du Congo; les différents tracés sont discutés et l'ensemble de l'ouvrage se compose de trois sections à exécuter successivement, sur une longueur totale de 830 km devant coûter 107 millions de francs.

**Les chemins de fer américains.** Matériel et traction, par M. Marcel JAPIOT, Ingénieur des Mines *(suite)*.

*2e livraison de 1907.*

**Les chemins de fer américains.** Matériel et traction, par M. Marcel JAPIOT, Ingénieur des Mines *(suite)*.

Nous avons parlé, dans la Chronique de février dernier, page 368, de la première partie de cette très importante étude, laquelle partie traitait des locomotives; la seconde partie s'occupe du matériel roulant; elle donne d'abord le rôle de l'Association des *Master Car Builders* analogue à celle des *Master Mechanics'*, dont il a été question précédemment, mais

Digitized by Google

le rôle de la première est beaucoup plus vaste; cette association ne se borne pas à permettre aux Ingénieurs d'échanger des idées, mais elle a surtout pour objet de fixer des règles pour le matériel roulant et les pièces qui entrent dans sa composition; on sait que son œuvre la plus importante est l'étude de l'attelage automatique.

Cette partie de la note étudie les voitures et wagons dans tous leurs détails essentiels ainsi que les détails accessoires de chauffage, ventilation, éclairage, etc.; elle se termine par quelques considérations sur la construction métallique des voitures, question qui présente un assez grand intérêt et qui a été soulevée à l'occasion de l'introduction des automotrices électriques.

La troisième partie de la note de M. Japiot traite des ateliers et de l'organisation des services de construction et de réparation du matériel roulant des chemins de fer. Elle décrit les types d'ateliers de locomotives et de wagons avec leurs dispositions essentielles en prenant pour types quelques ateliers : une étude spéciale est consacrée aux machines-outils dont l'emploi a toujours pour but d'obtenir un rendement élevé. La question des magasins et celle de l'organisation du travail dans les ateliers sont traitées avec les développements convenables.

*(A suivre.)*

Notice sur **la construction d'une galerie souterraine** destinée à relier la concession des mines de Gardanne à la mer près de Marseille, par M. Domage, Directeur de la Société nouvelle des Charbonnages des Bouches-du-Rhône.

La première partie de cette étude a paru en 1889 et nous en avons parlé dans la Chronique de janvier (1re quinzaine) 1900, page 12. Dans cette deuxième partie, l'auteur indique que l'achèvement de la galerie commencée en 1890 avait eu lieu le 19 mai 1905 et donne des détails intéressants sur les travaux exécutés pour cet achèvement et sur les outils employés, notamment les perforatrices rotatives actionnées par l'électricité.

Les dépenses se sont élevées à 9 530 000 f dont seulement 9 153 600 s'appliquent à la galerie de 14 700 m entre la mer et le puits E. Biver à Gardanne, ce qui donne 622,70 f par mètre courant. Si on ajoute au chiffre précédent une somme de 489 000 f qu'a coûtée ou coûtera le prolongement de la galerie jusqu'au centre du bassin, on arrive à un total de 10 019 000 f pour un ouvrage d'une longueur totale de 20 100 m.

Cette galerie sert à l'épuisement des eaux de la mine par leur envoi à la mer et au transport d'une partie du charbon à Marseille par les nouveaux ports, au moyen de locomotives électriques.

**Discours** prononcés aux funérailles de M. de Castelnau, Ingénieur en chef des Mines, par MM. Aguillon, Inspecteur général des Mines, B. Deflassieux, Ingénieur civil des Mines, et de Warenghien, Président du Conseil d'administration de la Compagnie des mines de Vicoigne et Nœux.



Digitized by Google

Extrait d'une **enquête sur les mèches de sûreté**.

Il a paru opportun de condenser, dans les *Annales des Mines*, les faits les plus intéressants révélés par une enquête faite sur l'emploi des mèches de sûreté. Cette enquête a porté sur : la provenance des mèches employées en France, les diverses sortes de mèches, leurs défectuosités, les essais faits ou à faire sur les mèches, etc.

---

## SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

### N° 17. — *27 avril 1907.*

Appareils pour produire la circulation de l'eau dans les chaudières, par Förster.

Calcul de la stabilité des cheminées d'usines, par C. Gaal.

Les câbles métalliques, par J. Isaachsen.

Expériences sur une turbine à vapeur de 2000 ch Riedler-Stumpf, par F. Rötscher *(suite)*.

Locomotives de travaux, par A. Doeppner.

*Groupe de Bavière.* — Production des gaz pour force motrice avec des charbons gras.

*Groupe de Hambourg.* — Organisation du travail dans l'industrie.

*Revue.* — Accident à une grue de chantiers de construction de 150 t de puissance. — Les aciéries de Terni. — Expériences sur une turbine Parson de 4 000 ch. — Sauvetage du paquebot *Suevic*.

### N° 18. — *4 mai 1907.*

Ordre du jour et programme de fête de la 48e réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands à Coblence en 1907.

Le matériel de chemins de fer à l'Exposition de Milan en 1906, par Metzeltin.

Arc à deux articulations avec tirant à hauteur arbitraire, par F. Bohny.

Expériences sur une turbine à vapeur de 2 000 ch Riedler-Stumpf, par F. Rötscher *(fin)*.

*Groupe de Carlsruhe.* — Le polytrope. — Méthode de Honigsberg pour rendre apparents les efforts dans les pièces droites ou courbes. — Aperçu sur les travaux des associations techniques de Carlsruhe.

*Bibliographie.* — La législation allemande sur les patentes d'invention, par F. Damme. — Le trust américain de l'acier, par J. Gutmann.

*Revue.* — Le pont sur le Saint-Laurent. — Four pour la trempe des lames de couteaux. — Signaux acoustiques sous-marins. — Le dessèchement du Zuidersee.

Digitized by Google

N° 19. — *11 mai 1907.*

Pont-route sur le Rhin entre Ruhrort et Homberg, par W. Dietz.
Étude historique sur l'industrie à Berlin, par C. Matschoss.
Quelques observations sur les gares de marchandises en Amérique, par Blum et E. Giese.
Répartition de la température dans les cylindres creux, par R. Lorentz.
Expériences sur la résistance à la traction d'une tôle de chaudière déchirée, par C. Bach.
Mécanisme de direction des automobiles, par M. R. Zechlin.

*Groupe de Berlin.* — Fête du cinquantenaire de la fondation du groupe.

*Groupe de Breslau.* — Effritement et combustion spontanée de la houille.

*Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat.* — Stations centrales d'électricité en Allemagne.

*Bibliographie.* — L'industrie du fer, par O. Simmersbach.

*Revue.* — Freins Siemens pour trains rapides. — Installations de transport de charbon à la station d'électricité de Simmering. — Extraction électrolytique de l'huile des eaux de condensation.

*Pour la Chronique et les Comptes rendus :*
A. Mallet.

Digitized by Google

# BIBLIOGRAPHIE

---

## I^re SECTION.

**Les abattoirs publics** (vol. 2). *Inspection et administration des abattoirs. Installation des marchés aux bestiaux*, par H. Martel, chef du service sanitaire vétérinaire de Paris et du département de la Seine, J. de Loverdo, Ingénieur sanitaire, et Mallet, directeur de l'abattoir d'Angers (1).

Cet ouvrage est la suite de celui qui a paru l'année dernière sous la seule signature de M. J. de Loverdo, dont la bibliographie se trouve dans le Bulletin de novembre 1906, et qui traitait à fond toutes les questions relatives à l'organisation, la construction et l'aménagement d'un abattoir moderne.

Dans ce second et dernier volume, M. de Loverdo a fait appel à la collaboration de deux spécialistes pour décrire le fonctionnement de cet abattoir.

M. Martel a traité la question si importante de l'inspection des viandes.

M. Mallet s'est occupé de toute la partie administrative.

Enfin M. de Loverdo s'est réservé la description des marchés aux bestiaux, complément indispensable de tout abattoir important, et la question, inconnue chez nous, de l'assurance des animaux.

Les abattoirs sont soumis à diverses sortes d'inspections. Il y a d'abord l'inspection sanitaire, qui s'exerce aussi bien avant que pendant et après l'abatage, et qui est assurée par des vétérinaires et des surveillants. Elle a pour but d'empêcher la consommation de viandes insalubres, non susceptibles d'être assainies. Les méthodes d'inspection sont longuement décrites par M. Martel, qui analyse également les législations française et étrangères relatives à ce sujet. C'est seulement en Allemagne et en Belgique que cette législation permet une inspection réellement efficace. En France, l'inspection bien que présentant des lacunes, pourrait donner de bons résultats, si elle n'était rendue difficile par l'organisation défectueuse des abattoirs. Un corollaire de cette inspection est la saisie des viandes insalubres, ainsi que les procédés permettant de détruire ou de dénaturer les viandes prohibées.

Pour les viandes étrangères introduites en France, cette inspection s'effectue à la frontière, depuis 1889 seulement, ainsi que cela se passe en Hollande, aux États-Unis, en Danemark, en Belgique, en Suisse, etc.

(1) In-8°, 255 × 165 de VI-645 p. avec 110 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 22,50 f.

Digitized by Google

Auparavant, les animaux étaient seulement inspectés à leur arrivée à l'abattoir.

Puis vient l'inspection de police du bétail et des viandes, dont le rôle consiste à assurer et surveiller les mesures d'assainissement ou de destruction prescrites par la précédente inspection, et, pour cela, à faire appliquer les règlements de police relatifs aux mesures d'ordre, de salubrité et d'hygiène. Elle a aussi à prévenir les fraudes et falsifications de jour en jour plus nombreuses. Son action s'étend donc à la surveillance de toutes les opérations d'abatage, d'habillage et de préparation, ainsi que de conservation des viandes.

Enfin une troisième inspection est celle des abattoirs en tant qu'établissements classés.

Quant à la partie administrative, elle est, comme nous l'avons dit, traitée par M. Mallet, qui examine tous les détails du fonctionnement d'un abattoir, comme administration, personnel, gestion, perception des taxes, police intérieure, etc.

M. Mallet analyse les législations française et allemande relatives à l'exploitation des abattoirs et montre que les lois allemandes favorisent plus que les nôtres la construction rationnelle de ces établissements d'intérêt public.

Les marchés à bestiaux, que décrit M. de Loverdo, sont destinés à l'approvisionnement des abattoirs. Mais ils servent également aux transactions. Ce sont de véritables bourses à bestiaux. Aussi les grands marchés étrangers, à Budapest, à Chicago, à Cologne, à Berlin et surtout à Breslau, contiennent-ils de vastes locaux de réunion (halles de vente, restaurants, etc.), indépendamment des étables, porcheries, bouveries, etc. Les marchés à bestiaux doivent également être accompagnés d'une section sanitaire et de salles pour la désinfection du matériel. En France, ces marchés existent aussi, mais sont insuffisants ou mal installés, comme celui de la Villette, par exemple.

L'ouvrage se termine par un examen des assurances des animaux contre les saisies. Ces assurances, qui n'existent pas encore chez nous, sont très répandues en Allemagne, où elles rendent les plus grands services au point de vue sanitaire.

Voici, au sujet de leur utilité, une citation tirée par M. de Loverdo d'un ouvrage du docteur Kopp :

« Pour quelle raison le cultivateur ou le boucher, propriétaire, depuis » quelque heures à peine, de l'animal saisi, doit-il seul subir la perte » de sa marchandise, alors que tout le public bénéficie de l'inspection » des viandes? Il fallait, à tout prix, trouver un moyen d'éviter cette » injustice, en palliant les duretés de la loi par un correctif quelconque. » Ce moyen, l'assurance seule nous l'offre. L'assurance facilite la » vente, éloigne les procès, réglemente le crédit et, surtout, empêche la » soustraction de viandes et organes malades, ces parties étant indem- » nisées en cas de saisie. »

Ces assurances allemandes sont organisées soit par l'État, soit par des Compagnies privées, soit enfin par les intéressés eux-mêmes, sous forme de Sociétés mutuelles ou d'assurances commerciales.

En terminant, nous ne pouvons que répéter ce que nous disions (Bul-

Digitized by Google

letin de novembre 1906) à propos du premier volume de cet ouvrage considérable. La question des abattoirs était restée stationnaire en France pendant un trop grand nombre d'années et, après avoir créé, il y a environ cent ans, un type qui a été utilisé partout, nous étions revenus à d'anciens errements, nous laissant ainsi distancer par les autres pays. Grâce à la réaction qui se produit et à laquelle M. de Loverdo aura pris une large part, il y a tout lieu d'espérer que nous regagnerons bientôt le terrain perdu. Les nouveaux abattoirs qui se construisent ou se projettent un peu partout suivant les idées modernes, en sont la preuve.

Georges Courtois.

---

## IIe SECTION.

**Le code du chauffeur**, par M. J. Imbrecq (1).

La réglementation générale de la circulation automobile en France se trouve répartie dans un certain nombre de lois, décrets, circulaires, arrêtés et ordonnances, qui forment un ensemble assez complexe.

Dans la première moitié de son ouvrage M. J. Imbrecq donne une analyse des prescriptions à observer suivant les différents cas qui se rencontrent dans la pratique. La seconde moitié est un exposé des desiderata auxquels les textes en vigueur ont donné lieu. Un index alphabétique final permet de trouver rapidement un renseignement relatif à une question déterminée.

H. D.

---

**L'hygiène du chauffeur**, par M. le docteur Bommier (2).

M. le docteur Bommier rappelle d'abord sous une forme humoristique quelles sont les conditions de fonctionnement de l'organisme humain au point de vue purement mécanique et en déduit des conseils hygiéniques pratiques. L'auteur passe ainsi en revue ce qui concerne l'alimentation, puis le vêtement, au sujet duquel il donne toutes explications utiles pour renverser quelques idées erronées. Il expose ensuite les précautions à prendre pour la préservation des mains, de la chevelure, du visage et surtout des yeux. Il signale les cas pathologiques dans lesquels l'automobilisme peut être utile et ceux dans lesquels il serait dangereux. Enfin l'ouvrage se termine par une nomenclature alphabétique donnant quelques notions sur ce qu'il faut faire en cas d'indisposition ou de blessure.

H. D.

(1) In-8, 185 × 120 de 482 p. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. Prix : relié, 7,50 f.

(2) In-8°, 185 × 120 de XII-214 p. avec 67 figures, Paris, H, Dunod et E. Pinat, 1907. Prix : relié, 6 f.

Digitized by Google

## IVe SECTION.

**Préparation mécanique des minerais,** par F. Rigaud, ancien Ingénieur en chef des Mines (1).

La préparation mécanique des minerais demandait une place dans la série des aide-mémoire Liautez et M. Rigaud a très clairement mis en lumière les principes à suivre dans l'étude de la préparation mécanique, tout en indiquant le danger de compter sur cette opération comme sur une source constante et certaine d'économie ou de bénéfices. Il est permis de regretter que l'auteur n'ait pas cru devoir accompagner ce très utile ouvrage de figures plus nombreuses.

---

**Les richesses minérales de la Serbie,** par P. Iovanovitch (2).

Cet ouvrage est le premier qui donne de la Serbie et de ses richesses minérales un aperçu d'ensemble ; à ce titre il est le bienvenu à l'heure où l'attention commence à se porter sur cette partie de la péninsule balkanique. Après un résumé historique, P. Iovanovitch donne un apercu géologique des terrains constituant le sous-sol de la Serbie, et décrit ensuite les diverses formes sous lesquelles l'or se trouve associé à la pyrite, à la chalcopyrite, et ce travail se termine par une monographie de chacun des gisements aurifères de quelque importance. Cette revue des gites aurifères est intéressante, les descriptions sont détaillées et témoignent d'un désir de donner le plus de documents possible. Il est regrettable que le texte contienne quelques erreurs, qui en déparent l'ordonnance.

---

## Ve SECTION.

**Chaux hydrauliques et ciments de grappiers,**
par E. Leduc (3).

L'étude de M. Leduc sur les chaux hydrauliques et les ciments de grappiers rendra de grands services aux fabricants en leur montrant tout le parti que l'on peut tirer des recherches scientifiques appliquées à l'industrie.

Jusque dans ces dernières années la fabrication des chaux hydrauliques n'avait pour guide que la routine et l'empirisme. Cet état de

(1) In-8°, 190 × 120 de 172 p. avec 2 fig. Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie, 1907, Prix : broché, 2,50 f.

(2) In-8°, 270 × 180 de 107 p. avec 56 fig. et 1 carte. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. Prix : broché, 10 f.

(3) In-4°, 315 × 245 de 20 p. avec 6 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix broché : 3 f.

Digitized by Google

choses tend à se modifier et les grandes usines sont entrées dans la voie du progrès; mais il reste encore beaucoup à faire et les indications si probantes de M. Leduc arrivent bien à point pour attirer l'attention sur la nécessité d'avoir recours à l'analyse pour diriger la fabrication.

M. Leduc donne de nombreux résultats d'essais exécutés sur dès chaux et des ciments de grappiers; il décrit la fabrication de ces produits et met en lumière comment, dans bien des cas, on peut les améliorer.

---

**Chimie et physique appliquées aux travaux publics,** par M. J. Malette, conducteur des Ponts et Chaussées, chimiste à l'École Nationale des Ponts et Chaussées. — Édition modifiée (1).

Cet ouvrage fait partie de la Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics, publiée sous les auspices des principaux ministres, et qui doit comprendre 73 volumes, dont 55 parus.

Le développement des produits artificiels prenant depuis quelques années une importance croissante, le praticien doit être nécessairement doublé du technicien; le conducteur de travaux publics et l'architecte doivent s'entourer de garanties de sincérité et de sécurité dans le choix et l'emploi des produits qui leur sont présentés.

Dans le but de leur faciliter cette tâche, l'auteur a réuni dans cet ouvrage les notions théoriques et les procédés d'essais devant permettre d'apprécier les matériaux avant leur emploi dans la construction.

Dans la première partie de l'ouvrage sont indiquées les grandes lois et principes de la chimie et de la physique. Les théorèmes de mécanique sont réunis à la physique générale, dont ils forment l'une des parties essentielles.

Les principaux chapitres de la partie relative aux notions de chimie générale et analytique traitent des lois et principes, opérations analytiques, méthodes d'analyse, réactifs, classification des métaux, réactions des corps.

Les chapitres concernant la physique sont relatifs aux propriétés de la matière, à la pesanteur, à la chaleur, à l'optique, à l'électricité.

Dans la seconde partie, les matériaux sont envisagés au triple point de vue de leurs propriétés, des analyses et essais auxquels ils donnent lieu et de l'interprétation des résultats fournis par ces analyses et par ces essais. Ils sont passés en revue dans l'ordre suivant : matériaux naturels et matériaux artificiels.

Un chapitre, consacré aux eaux potables, donne des renseignements utiles sur les conditions auxquelles doivent satisfaire les eaux d'alimentation.

Cet ouvrage, bien conçu, sera utilement consulté par ceux qui ont à étudier ou à conduire des travaux de constructions.

F. C.

(1) In-16, 185 × 120 de XII-619 p. avec 172 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : relié, 12 f.

Digitized by Google

**Le petit livre du ciment,** traduit de l'allemand, par E. Dreschel (1).

Le *Petit livre du ciment* est un résumé de la fabrication du ciment Portland ; il contient en outre des conseils sur le mode d'emploi de ce produit.

Cet opuscule, édité par la puissante association des fabricants de ciment allemands, peut donner une idée suffisamment exacte de la manière dont le ciment Portland est fabriqué; on y trouvera notamment des indications sur les opérations qui ont une influence décisive sur la qualité des produits.

En ce qui concerne l'emploi du ciment, on montre comment on peut éviter bien des insuccès en prenant quelques précautions essentielles, trop souvent négligées. Enfin, les dosages les plus employés pour les mortiers et bétons sont indiqués, et on fait voir tout le parti que l'on peut tirer des mélanges judicieux de ciment et de chaux pour obtenir des mortiers résistants et économiques.

---

**Manuel de manipulations d'électro-chimie,** par M. Ch. Marie, Docteur ès sciences, chargé de l'enseignement physico-chimique et électrochimique à l'Institut de chimie appliquée. Préface de M. H. Moissan, Membre de l'Institut. Données mécaniques, par M. G. Noël (2).

L'ouvrage de M. Ch. Marie est divisé en deux parties : La première comprend les définitions et les lois générales, la description des appareils de mesure, des cuves à électrolyse, des électrodes et des diaphragmes.

La seconde partie traite d'abord des mesures électriques et ensuite des manipulations électrochimiques en chimie minérale et en chimie organique. C'est la partie importante de l'ouvrage.

Le choix des manipulations permet aux élèves de se rendre un compte exact de l'importance et de la fécondité des méthodes électrochimiques.

Toutes ces expériences ont été répétées un grand nombre de fois ; elles sont simples et pratiques. Enfin, une série de tables numériques permet le calcul rapide des différents problèmes que soulèvent ces manipulations.

Ainsi que le dit M. Moissan dans sa préface, ce livre rendra de réels services, non seulement aux élèves de l'Institut de chimie appliquée pour lesquels il a été écrit, mais encore à tous ceux qu'attirent ces nouvelles applications de l'électrochimie et qui ne se contentent pas de notions vagues, mais qui veulent tirer de l'expérience tout ce que cette dernière peut donner.

Cet ouvrage sera d'autant plus utile qu'il est publié au moment où l'électrochimie prend un développement industriel de plus en plus

(1) In-8°, 240 × 155 de 28 p. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix broché : 1,50 f.

(2) In-8°, 255 × 165 de XI-166 p. avec 57 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 8 f.

Digitized by Google

grand, bien que l'on ne doive pas la considérer comme une panacée universelle, capable de résoudre toutes les questions.

Ce livre aidera donc à l'enseignement de l'électrochimie d'une façon véritablement utile.

---

**Construction des Induits à courant continu,** par Brunswick (E.-J.) et Aliamet (M.), Ingénieurs électriciens. — *L'arbre et ses tourillons* (1).

Les Auteurs ont jusqu'ici consacré trois volumes de l'*Encyclopédie des Aide-Mémoire* à l'étude de l'induit de la dynamo, y traitant respectivement de la théorie élémentaire et des règles de bobinage, de l'exécution pratique des enroulements et de l'étude mécanique des armatures.

Dans ce quatrième volume, ils abordent l'étude de l'arbre et de ses tourillons, et indiquent les procédés de montage de l'induit et du collecteur sur cet organe de la machine en s'inspirant des pratiques les plus récentes.

Comme application des nombreux calculs relatifs aux arbres, on trouve dans ce livre des exemples numériques se rapportant à trois arbres exécutés, dont un pour dynamo à grande vitesse angulaire actionnée par turbine à vapeur.

Il convient de féliciter MM. Brunswick et Aliamet d'avoir gardé dans cet intéressant travail, comme dans tous leurs ouvrages précédents, un souci constant de l'homogénéité des notations.

---

**Les Lampes à incandescence électriques,** par J. Rodet, Ingénieur des Arts et Manufactures (2).

Le livre de M. Rodet est une étude des meilleures et des plus complètes sur les lampes à incandescence. Il se divise en sept chapitres. Le premier, qui occupe plus du quart du volume, traite des quantités lumineuses, des étalons de lumière, de la production de la lumière par la transformation de l'énergie électrique, du rendement lumineux, de la variation de l'intensité lumineuse des lampes avec la tension, de la vie des lampes. Un court historique de la genèse de la lampe à incandescence fait l'objet du second chapitre. Les cinq autres sont respectivement consacrés aux lampes à filament de carbone, d'osmium, de tantale, à la lampe Nernst, à celle à vapeur de mercure, celle-ci étant aussi considérée comme redresseur de courants alternatifs simple et triphasé.

(1) In-8°, 190 × 120 de 172 p. avec 35 fig. Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie. 1907. Prix : broché, 2,50 f.

(2) In-8°, 225 × 145 de xi-200 p. avec 92 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1907. Prix : broché, 6 f.

*Le Secrétaire Administratif, Gérant,*

A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 9110-5-07. (Encre Lorilleux).

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

**MÉMOIRES**

ET

# COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

**SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE**

---

# BULLETIN

DE

JUIN 1907

---

**N° 6.**

---

## OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de juin 1907, la Société a reçu les ouvrages suivants :

### Agriculture.

ROUHARD (H.). — *La betterave et la vigne. Étude des moyens pour parer aux crises viticole et betteravière,* par H. Rouhard (in-8°, 205 × 135 de 31 p.). Narbonne, Imprimerie F. Caillard, 1907. (Don de l'auteur.) 44945

### Arts militaires.

CHARBONNIER (P.). — *Balistique extérieure rationnelle (Problèmes balistiques secondaires),* par le Commandant P. Charbonnier (Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse. Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie. Directeur : M. d'Ocagne) (in-18, 135 × 120 de XII-401-VIII p. avec 161 fig.). Paris, Octave Doin, 1907. (Don de l'éditeur.) 44957

### Chemins de fer et Tramways.

*Compagnie du chemin de fer du Nord. Assemblée générale du 29 avril 1907. Rapport présenté par le Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée générale* (in-4°, 275 × 220 de 96 p.). Paris, Imprimerie L. Danel, 1907, 44923



Digitized by Google

*Societá Italiana per le Strade ferrate del Mediterraneo. Servizio delle Costruzioni. Relazione sugli Studi e Lavori eseguiti dal 1897 al 1905* (in-f°, 385 × 295 de xxvi-382 p. avec album même format de 71 pl.). Roma, Premiata tipografia D. Squarci, 1906. (Don de M. L. de Longraire, M. de la S.) 44953 et 44954

## Chimie

Cambon (V.). — *Fabrication des colles animales*, par Victor Cambon (in-8°, 225 × 140 de 216 p. avec 50 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44935

## Construction des machines.

Bommier (Dr). — *Le chauffeur à l'atelier*, par le Dr Bommier (Bibliothèque du Chauffeur) (in-8°, 185 × 120 de xvi-344 p. avec 269 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs). 44924

*Compte rendu des séances du 30e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1906* (in-8°, 255 × 165 de 362 p.). Paris, E. Capiomont et Cie. (Don de M. Ch. Compère, M. de la S.) 44940

Haeder (H.) et Varinois. — *Les moteurs à gaz. Étude des projets, construction et conduite des moteurs à explosion*, par Henri Haeder. Traduction française, par M. Varinois. *Première partie* (in-8°, 230 × 180 de xv-207 p. avec 726 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs). 44918

Rateau (M.-A.). — *Société Belge des Ingénienrs et des Industriels. Développement des turbines à vapeur d'échappement.* Conférence faite à la Société le jeudi 14 février 1907, par M.-A. Rateau (in-8°, 240 × 155 de 43 p. avec 23 fig. et 2 pl.). Bruxelles, Imprimerie A. Lesigne, 1907. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels.) 44928

Razous (P.). — *Installation des ateliers et usines. Création, construction agrandissement et améliorations techniques*, par Paul Razous. Deuxième édition modifiée et très augmentée (in-8°, 255 × 165 de ii-332 pages, avec 115 figures). Paris, Société d'Éditions techniques, 1907. (Don de l'éditeur.) 44941

Rocher (L.). — *La surchauffe de la vapeur et ses applications modernes*, par M. Louis Rocher (Extrait du Monde Industriel) (in-4°, 270 × 220 de 8 p. avec fig.). Paris, Éditions scientifiques et techniques. (Don de M. E. Schwoerer, M. de la S.) 44958

Witz (A.). — *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Canons et moteurs à gaz.* Conférence faite à la Société le samedi 10 mars 1907, par M. Aimé Witz (in-8°, 240 × 155 de 20 p.). Bruxelles. Imprimerie A. Lesigne, 1907. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels.) 44929

Digitized by Google

### Économie politique et sociale.

*Album graphique de la statistique générale de la France. Résultats statistiques du recensement de 1901. Mouvement de la population. Résumé rétrospectif de l'annuaire statistique* (République Française. Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Direction du Travail. Service du Recensement) (in-4°, 275 × 220 de VII-280 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1907. 44931

*Annuaire statistique de la Ville de Paris. XXV^e^ année. 1904, et principaux renseignements pour 1905* (République Française. Préfecture de la Seine. Direction des Affaires municipales. Service de la statistique municipale. M. le D^r^ Jacques Bertillon, chef des travaux de la statistique) (in-8°, 255 × 170 de XXXII-1124 p.). Paris, Masson et C^ie^, 1906. 44933

CAVALIER (J.). — *La définition des produits commerciaux*, par J. Cavalier (Extrait de la Revue du Mois. N° 17. Mai 1907, pages 573 à 604) (in-8°, 240 × 160 de 36 p.). Paris, Éditions de la Revue du Mois; H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44950

GUARINI (É.). — *Le Pérou d'aujourd'hui et le Pérou de demain*, par Émile Guarini (in-8°, 245 × 160 de 16 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat. (Don des éditeurs.) 44955

*Office national du commerce extérieur. Exercice 1906. Extrait des Rapports présentés au Conseil d'administration par le Comité de direction. Pièces annexes* (République Française. Ministère du Commerce et de l'Industrie) (in-8°, 240 × 155 de 172 p. avec 4 photog.). Paris, L. Marcel Fortin et C^ie^, 1907. 44947

POIDVIN (A.). — *Guide pratique en matière d'accidents du travail, à l'usage des patrons, employés et ouvriers*, par A. Poidvin (Bibliothèque d'Administration et de Droit usuel) (in-16, 190 × 120 de III-212 p.). Paris, Marcel Rivière, 1907. (Don de l'éditeur). 44956

### Électricité.

FASQUET (É.). — *Cours pratique élémentaire d'électricité industrielle*, par Émile Fasquet (in-8°, 250 × 165 de VII-242 p. avec 186 fig.). Paris, Henry Paulin et C^ie^, 1907. (Don de l'éditeur.) 44915

GÉRARD (É.) et BAST (O. DE). — *Exercices et projets d'électrotechnique*, publiés sous la direction de Éric Gérard et Omer de Bast. *Tome premier. Applications de la Théorie de l'électricité et du magnétisme* (in-8°, 255 × 165 de VI-241 p. avec 96 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. (Don de l'éditeur.) 44936

NICOLAS (E.). — *Vingt leçons pratiques sur les courants alternatifs*, par E. Nicolas (in-8°, 250 × 165 de 210 p. avec 222 fig.). Paris, Henry Paulin et C^ie^, 1907. (Don de l'éditeur.) 44916

VALBREUSE (R. DE). — *Notions générales sur la télégraphie sans fils*, par R. de Valbreuse (in-8°, 250 × 165 de VI-169 p. avec 129 fig.) Paris, L'Éclairage électrique, 1907. (Don de l'éditeur.) 44914

Digitized by Google

## Enseignement.

LIÉVIN (A.). — *Les principes de la comptabilité industrielle et commerciale réduits à leur plus simple expression*, par Auguste Liévin. Préface de A. Barriol (in-8°, 240 × 155 de 11 p. avec 1 tabl.). Paris, Librairie technique et industrielle. (Don de M. H. Lassaux, M. de la S.) 44932

## Législation.

*A Magyar Mérnök-és Építész-egylet. Evkönyve 1907. VII Evfolyam* (in-8°, 235 × 160 de 83 p.). Budapest, Patria. 44939

*Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members. May 1907* (in-8°, 225 × 150 de 68 p.). Boston, The Mudge Press, 1907. 44927

*The Institution of Mechanical Engineers. List of Members, 1 st. March 1907. Articles and By-Laws* (in-8°, 215 × 140 de 266 p.). 44913

## Métallurgie et Mines.

HATON DE LA GOUPILLIÈRE et BÈS DE BERC (J.). — *Cours d'Exploitation des Mines*, par Haton de la Goupillière. Troisième édition revue et considérablement augmentée, par Jean Bès de Berc. *Tome second* (in-8°, 255 × 165 de xx-1404 p. avec 731 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44952

IOVANOVITCH (D.). — *Serbie orientale. Or et cuivre. Historique. Géologie. Minéralogie. Exploitation*, par Douchan Iovanovitch (in-4°, 320 × 230 de VII-219 p. avec 1 carte). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44934

## Navigation aérienne, intérieure et maritime.

BELLET (H.). — *Barrages en maçonnerie et murs de réservoirs*, par H. Bellet (Publications de la Houille blanche) (in-8°, 255 × 165 de XII-336 p. avec 109 fig.). Grenoble, A. Gratier et Jules Rey, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44919

*X^e Congrès international de navigation tenu à Milan en 1905. Rapports des délégués français sur les travaux du Congrès* (Ministère des Travaux publics) (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées. 4^e trimestre 1906 et vol. 1 de 1907) (in-8°, 255 × 165 de 296 p.). Paris, E. Bernard, 1907. (Don de M. le B^on Quinette de Rochemont.) 44920

CORDEMOY (DE). — *Ports maritimes*, par de Cordemoy. *Tome premier*. (F bliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 1 × 120 de VIII-576 p. avec 327 fig.). Paris, H. Dunod et E. P nat, 1907. (Don des éditeurs.) 44925

Digitized by Google

POCARD-KERVILER (R.), MALLAT et LE TROCQUER. — *Ministère des Travaux publics. Ports maritimes de la France. Notice sur le port de Saint-Nazaire*, par M. René Pocard-Kerviler, refondue et mise à jour, par M. Mallat et M. Le Trocquer (in-8°, 275 × 180 de 203 p. avec 41 fig. et 1 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don du Ministère des Travaux publics.) 44924

QUINETTE DE ROCHEMONT (Bon) et JOLY (G. DE). — *Les ports maritimes d'Italie*, par le baron Quinette de Rochemont et M. G. de Joly (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, 2e trimestre 1906) (in-8°, 255 × 165 de 94 p. avec 6 pl.). Paris, E. Bernard, 1906. (Don de M. le Bon Quinette de Rochemont.) 44921

**Physique.**

CHAPPUIS (J.) et BERGET (A.). — *Leçons de Physique générale*, par James Chappuis et Alphonse Berget. Cours professé à l'École Centrale des Arts et Manufactures, et complété suivant le programme du certificat de physique générale. Deuxième édition entièrement refondue. *Tome I. Instruments de mesure. Pesanteur. Élasticité. Statique des liquides et des gaz. Chaleur* (in-8°, 255 × 165 de XI-669 p. avec 306 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. (Don de l'éditeur.) 44937

**Routes.**

DEBAUVE (A.). — *Construction et entretien des routes et chemins*, par A. Debauve. Deuxième édition complètement remaniée et considérablement augmentée (in-8°, 255 × 165 de 480 p. avec 187 fig. et 2 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 44951

**Sciences mathématiques.**

HÉMARDINQUER (CH.) et LAISANT (C.-A.). — *Notions de mathématiques supérieures (Calcul intégral et différentiel)*, par Charles Hémardinquer, avec une Préface de C.-A. Laisant (in-18, 180 × 120 de VII-142 p. avec 55 fig.). Paris, Henry Paulin et Cie, 1907. (Don de l'éditeur.) 44917

**Sciences morales. — Divers.**

*Mémoires de la Société académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Aube. Tome LXX de la collection. Tome XLIII. Troisième série. Année 1906* (in-8°, 255 × 165 de 486 p.). Troyes, Paul Nouel. 44946

**Technologie générale.**

*xposition universelle et internationale de Liége 1905. Section française. Classes 28 et 29. Rapport*, par MM. Marsaux et E. Candlot (in-8°, 275 × 185 de 81 p. avec 9 fig.) (Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail). Paris, Comité Français des Expositions à l'étranger, 1907. (Don de M. E. Candlot, M. de la S.) 44930

Digitized by Google

*Revista do Club do Engenharia. Anno de 1907. N° 15* (in-8°, 270 × 185 de xiv-140 p.). Rio de Janeiro, Imprensa nacional, 1907. 44911

Riches (T.-H.). — *The Institution of Mechanical Engineers. Spring Meeting, 1907*. Address by the President T. Hurry Riches (in-8°, 215 × 140 de 11 p. avec 19 pl.). (Don de l'auteur.) 44912

*Society of Engineers. Transactions for 1906 and General Index 1857 to 1906* (in-8°, 255 × 145 de 322 p. avec pl.). London, E. and F.-N. Spon, 1907. 44926

*The John Crerar Library. Twelfth Annual Report for the year 1906* (in-8°, 255 × 170 de 64 p.). Chicago, Printed by order of the Board of Directors, 1907. 44922

## Travaux publics.

Kersten (C.) et Poinsignon (P.). — *La construction en béton armé. Guide théorique et pratique*, par C. Kersten. Traduit d'après la troisième édition allemande, par P. Poinsignon. *Première partie. Calcul et exécution des formes élémentaires* (in-8°, 230 × 140 de iv-194 p. avec 119 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. (Don de l'éditeur.) 44938

*The Association of Water Engineers. Visit to Paris, June 1907. History and description of the Water Supply of Paris. Compiled and translated from Official Information*, by Easton Devonshire (in-8°, 215 × 140 de 38 p. avec 17 fig. et 3 pl.). London, King, Sell and Olding Ltd, 1907. 44943

*The Association of Water Engineers. Visit to Paris, June 1907. The Process of Purification of River Water employed by the City of Paris* (in-8° 215 × 140 de 8 p. avec 4 fig.) 44944

*Transactions of the Association of Water Engineers, with Subject Index. Vols I to XI. Vol XI, 1906* (in-8°, 215 × 140 de 287-xlii p. avec pl.). London, King. Sell and Olding Ltd, 1907. 44942

## Voies et moyens de communication et de transport.

Dieterich (G.). — *Die Erschliessung der nordargentinischen Kordilleren mittels einer Bleichertschen Drahtseilbahn für Güter und Personen*, von G. Dieterich (Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. Jahrgang 1906) (in-4°, 315 × 240 de 19 p. à 2 col. avec 52 fig. et 4 pl.). Berlin, 1907. (Don de M. J.-E. Giraud, M. de la S.) 44949

Giraud (J.-E.). — *Les Cordillères du Nord de l'Argentine rendues accessibles par voie aérienne, du système Bleichert, servant au transport de minerais, matériaux divers, victuailles et personnes*, par J.-E. Giraud. (Traduction manuscrite de 33 p., 340 × 220, de la brochure de G. Dieterich). (Don de l'auteur, M. de la S.) 44948

Digitized by Google

# MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juin 1907, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

| | | |
|---|---|---|
| G. Beauniée, | présenté par MM. | Chavanon, Piesse, Serrin. |
| P. Chosson, | — | Bauchère, Labour, Schuhler. |
| A. Dreux, | — | Beaugrand, Merklen, Vallot. |
| Ch. Marchand, | — | Bodin, G. Dumont, A. Neveu. |
| A. Normand, | — | Cornuault, Coville, A. Mallet. |
| Ch. Senemaud, | — | Duportal, H. Lebrun, Sarkissian. |
| R. de Valbreuze, | — | Leblanc, Mazen, Sartiaux. |

Digitized by Google

# RÉSUMÉ

DES

# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1907

---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA

## SÉANCE DU 7 JUIN 1907

Présidence de M. Fallières, Président de la République,

assisté de M. E. Cornuault, Président de la Société.

M. Fallières, Président de la République, accompagné de M. Doumergue, Ministre du Commerce et de l'Industrie, arrive à 9 h. 5 m. et est reçu par M. E. Cornuault, Président de la Société, entouré des Membres du Bureau et des Anciens Présidents.

M. le Président de la République prend place au fauteuil présidentiel. Il est accompagné de M. Lanes, Secrétaire Général de la Présidence, de M. le Commandant Lasson et de M. Lépine, Préfet de Police.

Prennent également place sur l'estrade : MM. A. Carnot, Membre de l'Iustitut; M. Aguillon, Président du Conseil Général des Mines; M. Strauss, Sénateur de la Seine; M. Gabelle, Directeur de l'Enseignement technique; M. P. Buquet, directeur de l'École Centrale des Ai et Manufactures, Ancien Président; M. Chargueraud, Directeur d Routes, de la Navigation et des Mines; M. Weiss, Ingénieur des Mine M. Lauriol, Ingénieur en Chef à la Ville de Paris; M. Derouin, Dire teur à la Préfecture de la Seine; MM. Loreau, Canet, Hillairet, Dumon du Bousquet, Bodin, Coiseau, Anciens Présidents de la Société.

Digitized by Google

M. E. Cornuault, Président de la Société, prononce le discours suivant :

« Monsieur le Président de la République,

» La Société des Ingénieurs Civils vous est vivement reconnaissante » de vous être rendu à l'invitation de son bureau, et d'avoir accepté — » pour la première fois depuis votre élection à la présidence de la Répu- » blique — d'être l'hôte des Ingénieurs Civils de France.

» Notre Société, Monsieur le Président, vous la connaissez : elle » comprend près de 4 000 Ingénieurs Civils, de toutes origines, répan- » dus, en France surtout, et aussi à l'étranger.

» Elle a été fondée le 4 mars 1848, au lendemain même de la Révolu- » tion, par un groupe d'anciens élèves de l'Ecole Centrale animé des » idées les plus libérales, et doté d'une largeur de vue exceptionnelle, » sous le titre de : *Société Centrale des Ingénieurs Civils, fondée par les* » *Anciens Élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures.*

» Le premier bureau eut à sa tête, comme Président, l'éminent Ingé- » nieur Flachat, qu'on peut considérer comme le fondateur de la pro- » fession d'Ingénieur civil en France, et qui, sept fois réélu Président, » fut le premier des Présidents honoraires de la Société. Son buste orne » la salle de nos séances et toutes celles de nos réunions.

» L'objet et le but de la Société furent magistralement définis par » les fondateurs de 1848 :

» Éclairer par la discussion et le travail en commun les questions » d'art relatives au génie civil;

» Concourir au développement des sciences appliquées aux grands » travaux de l'industrie ;

» Étendre par le concours actif de ses Membres l'enseignement pro- » fessionnel parmi les ouvriers et les chefs d'industrie ou d'atelier;

» Poursuivre par l'étude des questions d'économie industrielle, d'ad- » ministration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des » forces et des richesses du pays.

» Tel est notre programme, Monsieur le Président, et nous nous gar- » derons bien d'y ajouter quoique ce soit, car il est complet, et tracé de » main de maître.

» J'ai dit tout à l'heure, Monsieur le Président, que nos Ingénieurs » Civils étaient de toutes origines ; c'est qu'en effet, les idées larges des » fondateurs, auxquelles j'ai fait allusion, leur avaient fait convier à la » création de leur œuvre tous les Ingénieurs libres, sans distinction » d'origine, et même admettre, à titre de Membres *Associés*, les Indus- » triels et les personnes s'occupant de l'étude des sciences se rapportant » à l'art de l'Ingénieur.

» La Société est restée fidèle à ces principes, et, si la majorité des » Ingénieurs Civils Anciens Élèves des Écoles techniques, est encore » constituée par les Anciens Élèves de l'École Centrale; l'École Poly- » technique, l'École des Mines de Paris et des Ponts et Chaussées (Élèves » externes), l'École des Mines de Saint-Étienne, les Ecoles d'Arts et

Digitized by Google

» Métiers, nous apportent aussi leur précieux contingent; j'ajouterai » enfin, Monsieur le Président, que la Société a accueilli également dans » son sein un nombre important d'Ingénieurs qui, sans avoir eu, au » début de leur carrière, l'éducation et l'étiquette d'une École technique, » ont conquis leurs galons industriels par une longue pratique, et sont » parfois devenus des professionnels émérites; l'un de ceux-ci, était » notre Président il y a peu d'années, et c'est assez vous dire tout le » cas que nous en faisions.

» Vous le voyez, Monsieur le Président, en résumé, notre porte est » libéralement ouverte à tous, sans esprit de caste, ni coterie; ce sont » là les traditions de 1848, qui, vous pouvez n'en pas douter, seront » toujours conservées intactes à la Société des Ingénieurs Civils de » France.

» Nous savons que vous aimez les travailleurs, Monsieur le Président, » vous l'avez dit hautement, tout récemment, à Lyon; permettez-nous » de revendiquer pour nous aussi ce beau titre; oui, nous sommes, » avant tout, des travailleurs; des travailleurs vivant le plus souvent à » côté d'autres travailleurs, les travailleurs manuels, nous rendant » compte de leurs besoins, de leurs aspirations, ayant appris à les con- » naître, et, par suite, à les aimer, lorsque des excitations malsaines ne » viennent pas les abuser, les illusionner. L'Ingénieur et l'ouvrier vivant » unis, côte à côte, partageant le plus souvent les mêmes fatigues, les » mêmes dangers, l'un étant la tête, l'autre le bras, quel plus beau » spectacle, quelle plus féconde collaboration! Voilà ce que nous sou- » haitons ardemment, Monsieur le Président, pour maintenir et agran- » dir, contre nos rivaux de l'Étranger, la puissance industrielle de notre » cher pays. »

M. le Président de la République répond en ces termes :

« Monsieur le Président,

» Messieurs,

» Je suis profondément honoré d'avoir reçu l'invitation du Bureau » de votre Société. M. le Président qui me l'a apportée, avec plusieurs » de ses collègues, pourrait vous dire avec quel empressement je l'ai ac- » ceptée. Je savais où je venais : dans un milieu dont on vient de re- » tracer l'origine, de travailleurs, vous a dit M. le Président, moi j'ajoute » de bons Français. *(Vifs applaudissements.)*

» En venant parmi vous, j'apporte seulement le désir de m'instruire, » et de vous prouver, comme Chef de l'Etat, qu'il n'y a aucun intérêt » qui me soit indifférent.

» Je suis heureux de saluer en vous tous, messieurs, non seulement » la Science, mais encore une association de travailleurs, de travailleurs » de la Science.

» Mais, messieurs, je ne suis pas venu ici pour faire un discours, » et je m'arrête; je vais m'asseoir, je vais écouter, et je tâcherai de » retenir. » *(Applaudissements enthousiastes et prolongés.)*

Digitized by Google

M. P. Janet a la parole pour sa Communication sur *la Télégraphie sans fil.*

M. P. Janet commence par rappeler qu'il y a huit ans environ (1), il avait déjà eu l'honneur d'exposer devant la Société les principes sur lesquels repose la télégraphie sans fil. Cette belle application de l'électricité en était encore à ses débuts; les plus grandes distances franchies étaient de 25 km et on ne connaissait aucun moyen d'empêcher les différentes stations de se troubler les unes les autres.

Prenant les conclusions de cette conférence comme préambule pour la communication actuelle, M. P. Janet montre d'abord que peu de progrès ont été faits dans la direction des ondes électriques, mais qu'au contraire, les progrès principaux ont porté sur l'accord ou la syntonie des postes de départ ou d'arrivée. C'est ce point de vue qui sera plus particulièrement développé.

M. P. Janet rappelle d'abord en quoi consistent les postes transmetteur et récepteur d'une transmission sans fil : on trouve, au premier, une antenne de transmission et un système excitateur fondé sur les propriétés de la décharge oscillante; au second, une antenne de réception et un système récepteur (cohéreur de Branly, le premier en date et le plus employé encore aujourd'hui, le récepteur électrolytique du capitaine Ferrié, le détecteur magnétique de Marconi).

L'antenne d'émission, siège d'oscillations électriques stationnaires, peut avec une grande exactitude être comparée à un tuyau sonore ouvert à la partie inférieure, fermé à la partie supérieure, c'est-à-dire vibrant en quart d'onde : cette analogie est montrée par des expériences frappantes tant sur les tuyaux sonores (expérience de Rubens, montrant les ondes stationnaires à l'aide de petites flammes de gaz allumées le long de la génératrice d'un cylindre) que sur les solénoïdes électriques; l'analogie se poursuit jusque dans les détails : de même que dans un tuyau sonore la vitesse des molécules vibrantes est maxima là où la condensation est nulle, de même dans un fil électrique de longueur finie (rectiligne dans le cas de l'antenne, enroulé en bobine dans le cas des expériences faites) l'intensité du courant est maxima là où la tension est nulle.

Passant ensuite aux autres caractères de la décharge, M. Janet étudie l'amortissement, c'est-à-dire la décroissance des oscillations successives et montre qu'on peut partager en deux les causes d'amortissement, les unes nuisibles (effet Joule, résistance de l'étincelle et de la plaque de terre, etc.), les autres utiles (rayonnement électromagnétique dans l'espace).

Enfin, M. P. Janet arrive au principe de la résonance; il démontre ce principe par diverses expériences empruntées, les unes à la mécanique (pendules oscillants), les autres à l'acoustique (diapason en présence d'un résonateur variable formé par une éprouvette où l'on peut faire varier le niveau de l'eau; enfin, il reproduit, en ce qui concerne les oscillations électriques, une expérience très nette de résonance qu'il

(1) Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France, février, 1899.

Digitized by Google

a exécuté pour la première fois en 1892 (2), et il montre l'application du même principe à l'aide du résonateur du docteur Oudin. Cette dernière disposition a été transportée presque telle quelle à la télégraphie sans fil.

La résonance fournit un moyen perfectionné, scientifique pour ainsi dire, de faire entrer un corps en vibration ; mais il est évident que ce n'est pas le seul; on peut toujours arriver au même résultat au moyen d'un choc : on conçoit donc qu'il y ait tous les intermédiaires entre ces deux modes d'excitation : une oscillation excitatrice très amortie ressemblera à un choc, c'est-à-dire excitera des oscillations non seulement dans un système accordé, mais même dans plusieurs autres systèmes (phénomène de la résonance multiple), et au contraire la résonance sera très étroitement déterminée si le système excitateur est peu ou pas amorti, d'où l'importance dans la télégraphie sans fil des oscillations entretenues (arc à mercure, arc chantant). M. P. Janet exécute quelques expériences à ce sujet.

Passant aux résultats concrets, M. Janet donne quelques indications sur les décisions de la récente conférence internationale de Berlin et sur les stations existantes à longue portée. Il signale en particulier la station de la Tour Eiffel, qui, malgré la faible puissance dont elle dispose (8 ch), communique, à cause de la hauteur exceptionnelle de son antenne, avec Bizerte, à 1 500 km; il énumère ensuite les différentes stations françaises, parmi lesquelles il donne une mention particulière à la transmission Dieppe-Newhaven établie par notre collègue, M. O. Rochefort.

M. P. Janet termine enfin par les paroles suivantes :

« J'ai essayé, dans cette communication, de mettre en lumière les » bases scientifiques de la Télégraphie sans fil; une fois de plus nous » voyons une magnifique branche de l'industrie humaine sortir des » données de la Science pure; ce rôle de la Science dans l'Industrie n'est » plus aujourd'hui contesté par personne, et c'est presque une banalité » de le rappeler; l'influence inverse est peut-être moins universellement » reconnue; elle existe néanmoins, et je suis persuadé que, de plus en » plus, les savants qui se tiendront éloignés de l'industrie vivront, même » au point de vue de la science pure, dans une abstraction qui leur sera » nuisible. Il est incontestable, pour nous en tenir au sujet qui nous » occupe, que nos connaissances sur les ondes électriques ont progressé » d'une manière remarquable par et pour la Télégraphie sans fil, et il en » sera de même dans toutes les autres branches de l'activité humaine; » savants et ingénieurs ne doivent pas s'ignorer, ces démarcations ne sont » plus de notre temps; ils ont besoin les uns des autres pour ne pas » perdre de vue ce que les uns et les autres cherchent à atteindre : la » réalité des choses et le progrès de la vérité. »

---

Après la Communication de M. P. Janet, M. le Président de la République s'exprime ainsi :

« Messieurs, avant de donner la parole à l'orateur qui va nous expo» ser la question des *installations de l'énergie électrique du littoral médi*

(2) *Journal de Physique*, 3e série, tome Ier, page 375.

Digitized by Google

» *terranéen*, je répondrai certainement au sentiment de tous en adressant » à M. Janet les compliments les plus sympathiques et les félicitations » les plus chaleureuses. J'ai souvent, dans ma carrière, entendu des » orateurs dans bien des Assemblées; je lui dirai, sans flatterie aucune, » qu'il ne m'est pas arrivé souvent d'entendre une parole plus nette, » un exposé plus séduisant, de voir des expériences faites avec une » pareille précision. Ces qualités honorent l'orateur et le savant que » nous avons applaudi de tout cœur. Qu'il me permette encore de lui » adresser mes plus sincères félicitations. *(Applaudissements prolongés et » répétés.)* »

M. E. DE MARCHENA a la parole pour une Communication sur *les Installations de l'énergie électrique du littoral méditerranéen.*

M. DE MARCHENA commence par attirer l'attention sur les grands développements qu'ont pris, dans ces dernières années, les entreprises de transport à distance et de distribution d'énergie électrique.

Après avoir rappelé la communication faite il y a deux ans par M. Semenza et dans laquelle ce dernier avait montré le grand essor pris dans la Haute Italie par ce genre d'entreprises, il indique que la France n'est pas restée en arrière de ce mouvement, mais qu'au contraire elle y a pris une part active dès l'origine.

Parmi les grandes entreprises françaises, la Société Energie Électrique du Littoral Méditerranéen paraît, à l'orateur, occuper une place spéciale par son ampleur et par l'étendue des régions desservies, qui couvrent près de quatre départements sur toute la zone du littoral, depuis le Rhône jusqu'à la frontière italienne, et qui contiennent une population de près de 1 500 000 âmes.

Il montre les avantages particuliers que présente pour ce genre d'entreprises cette région où le combustible, relativement cher, est importé presque en entier de l'étranger et dont les cours d'eau utilisables ne sont pas exposés aux mêmes pénuries extrêmes que les cours d'eau de la région du Dauphiné durant les hivers froids et prolongés et que les cours d'eau du Centre durant les été chauds et secs.

Il fait ensuite un court historique de la naissance et du développement de cette Société. Il indique que la première chute d'eau, créée à la Mesclà, sur le Var, d'une puissance de 2 000 ch, a eu d'abord pour but unique l'alimentation des Tramways de Nice et du Littoral et comment le succès de cette installation et d'autres circonstances particulières ont amené la création de la Société Énergie Électrique du Littoral Méditerranéen. Celle-ci s'est progressivement développée dans tout le département des Alpes-Maritimes en aménageant les chutes du Loup (3 000 ch) et du Plan-du-Var (5000 ch), puis en créant à Nice une usine à vapeur de secours et d'appoint de 4 000 ch.

Il indique que toutes ces installations ont été faites en employant une tension de 11 000 volts et une fréquence de 25 périodes; il en résume les caractères essentiels et montre comment se combinent d'une manière heureuse les diverses sources d'énergie employées pour parer aux grandes inégalités de la consommation dans cette région, qui possède en hiver

Digitized by Google

une vie toute spéciale et dont les besoins sont bien différents aux différentes époques de l'année.

Il insiste sur les soins spéciaux qui ont été pris pour amener la continuité et la sécurité de l'exploitation et il montre les grands services qui ont été rendus par cette entreprise au département tout entier, l'influence qu'elle a eue sur l'abaissement général des tarifs de consommation de lumière dans tous les grands centres, sur le développement des industries qui sont venues se grouper autour de son réseau, et cela sans qu'aucun des intérêts préexistants n'ait eu à souffrir de sa venue.

Dans une deuxième partie, l'auteur indique que le programme initial des fondateurs de l'Énergie Électrique comprenait son extension dans la région de Marseille, mais que cette extension a été ralentie par la crise financière qui a sévi à partir de 1901 ; elle s'est faite en deux étapes.

La première étape comprend l'alimentation de la région de Toulon et du département du Var tout entier. Elle est caractérisée par l'utilisation d'une tension de 30 000 volts (la fréquence restant toujours la même) et a comporté l'aménagement de deux chutes : L'une sur l'Argens (2 500 ch), l'autre sur la Siagne (10 000 ch).

La seconde étape comprend l'alimentation de la région de Marseille et l'extension du réseau jusqu'au Rhône et à la basse Durance, puis jusque dans le Vaucluse, l'Hérault et le Sud, par l'intermédiaire d'une Société filiale le Sud Électrique.

La tension choisie a été élevée à 50 000 volts, pour les artères principales et à 13 500 volts pour les lignes de distribution.

Cette étape a été marquée par la création d'une usine de 14.000 ch, à la Brillanne sur la Durance ; deux autres usines sont en outre en cours de construction ou en étude ; l'une de 30 000 ch, sur la haute Durance, à 165 km de Marseille, l'autre de 25 000 ch, sur le Verdon, à 105 km. Trois usines à vapeur d'une puissance globale de 25 à 30 000 ch serviront de secours et concourront à l'alimentation de cet immense réseau.

Ces nouvelles installations, dont M. de Marchena indique rapidement les caractères principaux, vont entrer en fonctionnement dans quelques mois et desserviront une clientèle aussi nombreuse que variée. L'orateur donne quelques renseignements sur la variété des tarifications qui ont dû être combinées pour se prêter aux besoins si divers des différentes catégories de consommateurs et rappelle, en passant, combien il serait difficile à une administration d'État ou départementale d'atteindre une même souplesse de tarifs essentielle cependant à la pleine prospérité de ce genre d'entreprise.

En terminant l'orateur rend hommage aux personnalités éminentes dont la présence à la direction de l'Énergie a permis de réaliser de si grands résultats. Il rappelle que ces résultats ont été obtenus en mettant à profit la liberté d'action laissée par les lois et règlements en vigueur et il émet le vœu que les nouvelles lois en préparation ne fassent que favoriser l'essor d'une industrie utile au premier chef et dont les bienfaits envers le pays ne sont plus à compter.

Digitized by Google

Après la Communication de M. E. de Marchena, M. LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE s'exprime ainsi :

« Messieurs, il eût été difficile, pour le distingué Conférencier, de choi-
» sir un sujet plus digne d'intérêt et de le traiter avec plus de compé-
» tence et d'autorité que M. de Marchena. Qu'il en reçoive mes com-
» pliments et mes vives félicitations.
» Messieurs, avant de prendre congé de vous, permettez-moi de vous
» dire combien je me félicite d'avoir passé la soirée dans une aussi
» brillante Assemblée. J'ai entendu, j'ai appris, je me souviendrai.
» Je tiens à remercier particulièrement M. le Président de l'empres-
» sement qu'il a mis à m'amener ici. Soyez assurés, Messieurs, que de
» cette soirée je garderai un précieux souvenir. *(Vifs applaudissements,*
» *ovation prolongée.)* »

**La séance est levée à 11 heures.**

*L'un des Secrétaires techniques,*
J. DESCHAMPS.

---

# PROCÈS-VERBAL
## DE LA
## SÉANCE DU 21 JUIN 1907

PRÉSIDENCE DE M. E. CORNUAULT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître les décès de MM. :

René Armengaud, Membre de la Société depuis 1900 ; fils de notre collègue M. Armengaud jeune, M. René Armengaud s'était en dernier lieu occupé surtout de la question des turbines à gaz et avait, à plusieurs reprises, fait des communications et présenté des remarques fort intéressantes sur cette question. La perte de ce jeune collègue plein d'avenir est particulièrement sensible ;

M. A. Deville, ancien Élève externe de l'École des Ponts et Chaussées, Membre de la Société depuis 1864, Ingénieur-Conseil ; expert près les Tribunaux ;

A. A. Galtié, ancien Élève de l'École Centrale (1859), Membre de la Société depuis 1880, fabricant de sucre ;

C. Keromnès, ancien Élève de l'École Centrale (1868), Membre de la Société depuis 1892, Ingénieur principal des ateliers de machines au Chemin de fer du Nord, Chevalier de la Légion d'honneur ;

Em. Kléber, Membre de la Société depuis 1898, associé-directeur de la Maison Blanchet frères et Kléber, fabricants de papiers, Chevalier de la Légion d'honneur ;

Ch. Marindaz, ancien Élève de l'École Centrale (1856), Membre de la Société depuis 1859, Ingénieur civil ;

G. Müller, Membre de la Société depuis 1905, a été Ingénieur de

Digitized by Google

l'entreprise Zschokke pour les travaux du bassin de la Pinède, à Marseille et à la construction des quais de Monaco ;

L. Pélatan, ancien Élève de l'École supérieure des Mines (1876), Membre de la Société depuis 1892, a été Ingénieur en chef et Directeur de Sociétés de Mines, Ingénieur-Conseil ;

G. Ponselle, ancien Élève de l'École Centrale (1872), Membre de la Société depuis 1874, Ingénieur civil ;

H. Studer, ancien Élève de l'Ecole de Polytechnique de Zurich, Membre de la Société depuis 1878, Ingénieur civil, Chevalier de la Légion d'honneur.

M. le Président adresse aux familles de ces collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Chevalier de la Légion d'honneur, M. J. Teixeira Soares ;

Officier de l'Instruction Publique, M. A. G. Morin ;

Officier d'Académie, M. Goussard ;

Chevaliers du Mérite Agricole, MM. V. Durafort, G. Tourin ;

Chevalier de l'ordre de Léopold de Belgique, M. J. Teixeira-Soares.

M. Max Richard a reçu de l'Empereur de Chine la décoration de première classe du troisième grade de l'Ordre du Double Dragon ;

M. H. Bresson a reçu de la Société des Agriculteurs de France une médaille d'argent (grand module) pour son ouvrage *la Houille verte*.

MM. Cossman et Plocq ont été désignés comme rapporteurs au Congrès International des Chemins de fer qui se tiendra à Berne en 1910.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des plus prochains bulletins.

M. le Président signale que la Colonie Française de vacances en Allemagne a envoyé une circulaire informant qu'elle organise, pour les 13, 14, 15 et 16 juillet prochain, une excursion à Dusseldorf, à Cologne et sur le Rhin et demandant en outre que l'on fasse connaître aux membres de notre Société cette œuvre patriotique et désintéressée.

Le Comité, dans sa séance de ce soir, a nommé M. P. Besson, délégué de la Société au prochain Congrès des Pêches Maritimes. La délégation est donc ainsi composée de MM. P. Besson, A. Bochet et J. Pérard.

Le Comité a également désigné comme délégué au Congrès Colonial Français M. J. M. Bel.

Un premier Congrès International des Industries Frigorifiques sera tenu à Paris, fin juin 1908 et le premier Congrès National de Navigation intérieure se tiendra, à Bordeaux, du 18 au 21 juillet 1907.

Un concours aura lieu à Paris, le 1er juillet prochain et jours suivants, pour l'admissibilité à l'emploi de professeur de dessin et de technologie (interrogateur de mathématiques et de mécanique) dans les Écoles nationales d'Arts et Métiers. Le programme de ce concours est déposé au Secrétariat de la Société.

Digitized by Google

L'Office National du Commerce extérieur fait connaître que la municipalité de Venise serait disposée à accueillir des offres pour la fourniture de petites dragues ou appareils destinés au curage mécanique des canaux de cette ville.

Les propositions doivent être adressé à M. le comte Grimani, syndic de la ville, à Venise.

M. Paul Lecler a déposé, le 21 mai dernier, un pli cacheté. Suivant l'usage, ce pli a été enregistré et déposé aux archives.

M. le Président dit que dans la séance de ce jour doit avoir lieu la proclamation des lauréats des Prix Annuel, Michel Alcan et François Coignet.

L'attribution de ces différents Prix a été la suivante :

*Prix Annuel :* M. P. Besson, pour son travail sur *le Quatrième état de la matière.*

Membre de la Société depuis 1900, M. P. Besson est Administrateur de la Société de produits chimiques. Tous les traitements d'usine pour l'extraction du radium, depuis sa découverte, et la construction des appareils de feu M. le Professeur Curie ont été exécutés sous sa direction. Il a fait à la Société en 1901, 1903, 1905 et 1906 des communications sur le radium et la radioactivité et sur le quatrième état de la matière. En 1906, il a été membre de la cinquième section du Comité.

*Prix Michel Alcan :* M. Georges Claude, pour son travail sur *la Liquefaction de l'air et ses applications à la fabrication de l'oxygène et de l'azote.*

M. Georges Claude, Membre de la Société depuis 1905. S'est occupé dès 1896 de la question de l'acétylène dissous. Auteur du livre *l'Électricité à la portée de tout le monde* (1901). Il est Administrateur de la Société de l'air liquide, application des procédés Georges Claude.

*Prix François Coignet :* M. C. Birault, pour l'ensemble de ses travaux sur *la Question des tunnels et des métropolitains souterrains.*

M. C. Birault, Membre de la Société depuis 1903, a d'abord été Ingénieur à la Compagnie de Fives-Lille et aux Usines du Creusot. Il a fait à la Société plusieurs communications et remis plusieurs mémoires formant un ensemble se rapportant aux questions suivantes : Conduites forcées de grand diamètre (1904). — Tunnels tubulaires en terrains aquifères et traversée sous la Seine des nouvelles lignes du Métropolitain (1905). — Ventilation des tunnels et des Métropolitains souterrains (1906).

M. le Président félicite les Lauréats et remet à chacun d'eux la Médaille du Prix qui lui est attribué. *(Vifs applaudissements.)*

M. le Président rappelle qu'avec le précédent procès-verbal les membres de la Société ont reçu une circulaire relative à une visite de la Société des Ingénieurs Civils de France qui doit avoir lieu, dans la seconde semaine d'octobre, aux usines hydro-électriques du Littoral Méditerranéen, et dont le programme n'est encore, bien entendu, défini qu'à titre provisoire.

Un nombre assez considérable d'adhérents se sont déjà fait inscrire et,



Digitized by Google

si ce nombre devait dépasser une centaine, il y aurait lieu de prendre des dispositions spéciales pour les transports.

M. le Président insiste donc pour que les adhésions soient envoyées le plus tôt possible ; elles ne sont du reste que conditionnelles et n'engagent pas dès maintenant et d'une façon ferme leurs auteurs. Mais ce serait au moins une indication du nombre probable des membres de la Société ayant l'intention de venir, indication qui faciliterait l'organisation définitive.

M. le Président fait enfin connaître que le 10 juin il a reçu, avec le Bureau et le Comité, au nom de la Société, un groupe d'Ingénieurs anglais appartenant à l'Association of Water Engineers, de Londres. Ces Ingénieurs étaient venus en France pour étudier les questions de distribution, de filtration et d'épuration des eaux. Après une allocution en anglais par M. le Président Cornuault, M. Kemna, Vice-Président des Water Engineers et Directeur des eaux d'Anvers, remplaçant le Président M. Christopher Sainty, souffrant, a répondu en français ; son discours a été traduit en anglais avec beaucoup d'humour par M. E. Devonshire ; puis, sous la conduite de ces Messieurs et de leur Secrétaire, M. Percy Griffith, les Ingénieurs anglais ont examiné une exposition de plans, qui avait été préparée dans notre salle des séances grâce à l'obligeance d'un certain nombre d'administrations et de particuliers : MM. Colmet-Daage, Ingénieur en chef, chef du Service des eaux de la Ville de Paris, et son Ingénieur adjoint, M. Baratte ; M. Veilhan, Ingénieur en chef de la Compagnie générale des eaux ; M. E. Chaudoir, pour la Compagnie des eaux de la banlieue de Paris ; MM. Puech et Chabal (filtres) ; Otto et Postel-Vinay (épuration par l'ozone) ; MM. de Frise et Van der Made (Le Sanudor, épuration par l'ozone) ; Desrumaux (procédé chimique d'épuration) ; Howatson et Lemoine (distribution d'eau stérilisée à domicile).

M. le Président donne la parole à M. P. Lecler pour sa communication sur *les Salaires à primes*.

M. P. Lecler rappelle les inconvénients du salaire au temps et à la tâche, ainsi que ceux de la participation aux bénéfices.

Il indique qu'on a tenté d'y remédier, dans ces dernières années, principalement en Angleterre et aux États-Unis, par l'emploi de *salaires à primes*, destinés à exciter l'ouvrier à augmenter sa production, et dont l'idée fondamentale est la suivante :

On prévoit pour l'exécution d'un travail quelconque un certain temps ; si ce temps est dépassé, l'ouvrier touche toujours, par heure, son salaire minimum ; si, au contraire, le temps employé est moindre que celui prévu, il a droit, à titre de *prime*, ou boni (*premium*, *bonus*), à une certaine part de la valeur du temps économisé. Ainsi, il ne court aucun autre risque que celui d'augmenter son salaire.

On conçoit que ce principe soit applicable à des ouvriers travaillant individuellement ou collectivement, et puisse être combiné à des primes sur les matières, etc.

Digitized by Google

La présente étude est limitée aux systèmes individuels à primes portant uniquement sur les économies de temps, qui sont du reste les plus employés.

Le premier système employé en pratique paraît être celui de M. Halsey, appliqué au Canada, et décrit par lui dès 1891. Ici, l'ouvrier touche, en plus de son salaire horaire minimum, toujours acquis, une prime, égale *au tiers* de la valeur du temps économisé. C'est donc un système où le *taux de la prime* est fixe.

Assez généralement, au lieu du tiers, on prend comme prime la *moitié* de la valeur du temps économisé. Ainsi font, par exemple, M. Weir, et MM. Greenwood et Batley.

Avec ces systèmes, lorsque l'économie de temps est très considérable le salaire horaire devient très élevé, moins cependant que dans le cas du salaire à la tâche. Pour une économie de temps de moitié, le salaire horaire est doublé dans le cas du travail à la tâche : il n'est majoré que du tiers dans le système Halsey, et de la moitié dans le système Weir ; si cette économie atteint les huit dixièmes du temps alloué, par exemple, les salaires horaires sont respectivement multipliés par 5 ; — 2,33 ; — et 3, ce qui est beaucoup.

Pour évitèr cet inconvénient, M. Rowan, de Glasgow, a proposé un autre système, où le *taux de la prime est variable* et où le salaire horaire est majoré d'un pourcentage égal au pourcentage que représente l'économie de temps réalisée par rapport au temps alloué : pour une économie de 10 0/0 du temps alloué, la majoration est de 10 0/0 du salaire de base ; si celui-ci est de 1 franc l'heure, l'ouvrier sera payé 1 fr. 10 l'heure pour le temps qu'il aura employé. Si l'économie est de 50 0/0, le salaire sera majoré de 50 0/0, absolument comme dans le système de M. Weir. Mais si l'économie atteint, par exemple, 8/10 du temps alloué, le salaire horaire ne sera majoré que de 8/10, devenant 1 fr. 80, tandis qu'avec le système Halsey, il serait devenu 2 fr. 33, et 3 francs avec le système Weir. En prenant le cas extrême où l'ouvrier ferait sa besogne dans un temps nul, économisant ainsi 100 0/0 du temps alloué, il ne pourrait que majorer son salaire de 100 0/0, c'est-à-dire le doubler.

Si on calcule les salaires horaires pour des économies de temps, inférieures à la moitié du temps alloué, on voit que le système Rowan donne des salaires horaires supérieurs au système Weir ; c'est l'inverse qui a lieu pour les économies supérieures.

Jusqu'ici, on n'a vu que le salaire horaire, qui intéresse principalement l'ouvrier : ce qui importe au patron, par contre, c'est le *prix total* payé pour un travail donné. Pour un temps employé inférieur au temps prévu, c'est évidemment le salaire au temps (qui est un système à prime à prime nulle) qui donnerait le salaire total le plus faible, et le salaire à la tâche, le plus élevé ; tous les systèmes de salaires à primes, quels qu'ils soient, donnent dans ce cas des salaires totaux intermédiaires entre ces deux extrêmes ; mais, par contre, si le temps employé est supérieur au temps alloué, ils se comportent comme le salaire à l'heure, le prix total payé étant proportionnel au temps employé.

M. P. Lecler montre, au moyen d'un graphique, comment on peut représenter les résultats obtenus avec les divers systèmes, pour des

Digitized by Google

économies de temps variables dans les différents cas qui peuvent se présenter.

Au lieu de baser la prime sur l'*économie de temps*, ce qui conduit à des prix de main-d'œuvre différents, pour un même travail, quand il est exécuté par des ouvriers recevant des salaires horaires différents, on peut, comme le font, MM. Willans et Robinson depuis 1891, la baser sur le prix payé pour la main-d'œuvre. Ici, on fixe pour tout travail, un *prix de base (reference rate)*, et, si le salaire total à payer, calculé d'après le prix minimum de l'heure, est inférieur au chiffre prévu, on y ajoute, à titre de prime, une part (généralement la moitié) de l'économie réalisée.

Dans les divers systèmes qui précèdent, où la prime varie d'une façon continue, proportionnellement à l'économie de temps réalisée. on prend pour temps de base les temps nécessaires à un ouvrier moyen, travaillant dans des conditions moyennes, de sorte qu'un ouvrier plus habile, plus ardent et plus attentif peut les réduire dans des proportions parfois très considérables. Mais il est évident qu'on peut, au lieu des *temps moyens*, prendre les *temps minima* nécessaires, en faisant étudier tous les travaux à exécuter par des experts, travaillant dans les meilleures conditions possibles, et en fixant avec précision les temps de base, qui ne sont plus alors des *moyennes*, mais des *minima* ; tout ce qu'un ouvrier ordinaire peut espérer, dans ce cas, c'est de faire son travail dans le temps indiqué, et les systèmes précédents ne seraient plus ici des excitants suffisants; aussi, dans ce cas, applique-t-on un *système différentiel* (préconisé en particulier par M. Gantt), dans lequel, en plus de son salaire horaire, acquis dans tous les cas, l'ouvrier touche une prime (ou *bonus*) quand il n'a pas dépassé le temps prévu.

On a imaginé nombre de combinaisons, qu'il serait inutile de décrire ici et qu'on peut d'ailleurs rattacher à l'une quelconque des catégories qui précèdent.

On peut faire plusieurs *objections* à l'emploi des systèmes à primes : d'abord, ils nécessitent une *détermination préalable* de la durée des diverses opérations, mais c'est là un travail plus difficile en apparence qu'en réalité ; — puis, par le fait même de la nécessité de cette détermination préalable, leur emploi est *limité* (en fait, ils ont été surtout appliqués à des fabrications mécaniques), moins cependant que celui du salaire à la tâche, avec lequel tout l'aléa, bénéfice ou perte, résultant d'une erreur dans la détermination du temps de base est couru par l'ouvrier. Ici, au contraire, le patron et l'ouvrier bénéficiant tous deux de toute économie de temps, le premier sera moins tenté de réduire les temps de base que dans le salaire à la tâche, et même, ce qui est un *point presque capital*, pourra les laisser *fixes*, ou du moins ne les changer que si les procéd[és] d'exécution sont modifiés.

En général, souvent après avoir manifesté au début une certaine méfianc[e] les ouvriers apprécient vite les avantages des salaires à primes. L'*attitud[e] des unions ouvrières* paraît jusqu'ici avoir été celle d'une opposition mo[-]dérée et plutôt de principe (comme à l'égard de tout ce qui n'est pas l[e] salaire au temps pur et simple). Toutefois, M. Lecler — qui fait actuel[-]lement une enquête pour le Musée Social sur les salaires à primes aux

États-Unis et en Angleterre — vient d'être informé d'une grève assez importante, contre les salaires à primes (1).

Les *résultats obtenus* sont en général très satisfaisants. L'économie de temps dépasse parfois 50 0/0; l'augmentation de salaire horaire atteint jusqu'à 50 0/0, tandis que le prix total de main-d'œuvre pour un travail donné diminue de 20, 25 0/0 et même plus.

Toutefois, et c'est un point que M. Lecler signale tout particulièrement, ces résultats ne dépendent pas seulement du stimulant donné à l'ouvrier et ne sont pas limités aux économies de main-d'œuvre. Ils proviennent également, pour une part qu'il est impossible de préciser, des mesures prises pour permettre l'application de ces systèmes. L'étude complète des diverses opérations de la fabrication, qui est nécessaire pour appliquer un système à primes quelconque, conduit en effet à améliorer les méthodes employées, l'outillage, les procédés de vérification, etc., toutes mesures qui contribuent directement ou indirectement à abaisser les prix de revient.

On voit donc que cette question des salaires à primes ne peut être considérée isolément; elle n'est qu'un *élément de l'organisation industrielle*.

M. le Président remercie M. Lecler de sa communication. La base des divers systèmes qu'il vient d'exposer implique nécessairement pour chaque industriel l'analyse préalable très complète de la valeur du travail à effectuer. Si cette analyse n'est pas absolument complète et correcte, les conséquences en sont forcément mauvaises. De plus, la complication, tout au moins apparente, de certains de ces systèmes doit les rendre assez difficiles à comprendre et à faire adopter par les ouvriers; néanmoins, des études de ce genre sont à encourager et nous devons en savoir très bon gré à M. Lecler.

M. le Président donne la parole à M. P. Vincey pour sa communication sur l'*Assainissement de la Seine par les champs d'épandage et les lits bactériens artificiels*.

M. P. Vincey envisage tout d'abord la question d'infection de la Seine. La très importante documentation des « Annales de l'Observatoire de Montsouris » renseigne précisément à ce sujet. Les résultats d'analyses méthodiques des eaux qu'on y rencontre ont permis d'établir des graphiques qui renseignent exactement sur l'état d'infection de la Seine, dans l'espace et dans le temps. La pollution devient surtout élevée en aval de Paris, au delà du débouché des collecteurs de Suresnes, de Clichy et de Saint-Denis. Elle paraît atteindre le maximum vers Épinay et Argenteuil, pour se montrer considérable encore à Bougival. L'autoépuration progressive fait que vers Mantes la contamination du fleuve est déjà beaucoup moindre.

(1) Deux mille ouvriers, unionistes et non unionistes, des ateliers Vickers et Maxim, à Erith, se seraient mis en grève, trouvant les conditions de travail trop dures avec le salaire à primes. Étant donné que la presse parle d'un *premium bonus system*, on peut, jusqu'à plus ample informé, supposer qu'il s'agit d'un système du genre de celui de M. Gantt, dans lequel les temps de base auraient été établis tellement justes que les ouvriers seraient dans l'impossibilité de gagner des primes.

Digitized by Google

Concernant l'établissement du tout à l'égout dans Paris, la loi du 10 juillet 1894 avait assigné un délai de cinq années à l'Administration municipale pour faire cesser tout déversement d'égout en Seine, sauf en cas de pluies d'orage et de force majeure.

En comparaison de la situation antérieure à 1899, le degré de contamination de la Seine avait progressivement diminué jusque vers l'année 1902. Depuis lors, au contraire, l'accroissement est manifeste.

La Ville de Paris ne remplit qu'incomplètement ses obligations d'assainir la Seine, puisqu'elle y déverse encore journellement, sans épuration aucune, le septième environ du débit de ses collecteurs. Mais les communes de grande et petite banlieue, des départements de la Seine et de Seine-et-Oise, rejettent au fleuve des quantités d'égouts autrement considérables que celles relatives à la Ville de Paris.

Pour l'année 1904, depuis Choisy-sur-Seine et Bry-sur-Marne jusqu'à Bougival, les eaux d'égout déversées journellement en rivières se répartissaient approximativement de la manière ci-après :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ville de Paris . . . . . . . . . | 100 000 m³, | soit | 20 0/0 |
| Département de la Seine. . . . | 200 000 | — | 45 — |
| — Seine-et-Oise. . | 168 000 | — | 35 — |
| ENSEMBLE. . . . . . | 490 000 m³, | soit | 100 0/0 |

Par les diverses juridictions administratives, la Ville de Paris a récemment été condamnée à des dommages et intérêts envers des riverains du fleuve, et à l'occasion de son infection. La grande cité est ainsi obligée de réparer des dommages occasionnés, pour la plus grosse part, par les agglomérations voisines.

Dans l'état actuel de la législation, le seul moyen que l'édilité parisienne ait de faire cesser l'anomalie résultant d'une telle jurisprudence consiste dans l'épuration intégrale et permanente de ses eaux d'égout.

Cette situation avait été réalisée presque entièrement en 1902. Mais depuis, les quantités d'eaux d'égout envoyées dans les champs d'épandage ont toujours été en diminuant, en même temps que les déversements directs en Seine ont corrélativement augmenté.

A l'endroit de l'assainissement de la Seine, la situation de la Ville de Paris a été la suivante, en 1906.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Épuration dans les champs d'épandage. . | 551 000 m³, | soit | 85 0/0 |
| Déversements directs en Seine . . . . . | 102 000 | — | 15 — |
| ENSEMBLE. . . . . . . . . . | 653 000 m³, | soit | 100 0/0 |

L'Administration parisienne a dorénavant le plus légitime désir — en même temps que le plus grand intérêt — de remplir les obligations qu'elle tient de la loi, en ce qui concerne l'assainissement de la Seine.

Pour réaliser l'épuration complémentaire sur les 102 000 m³ d'eaux d'égout actuellement déversés en Seine, la Ville peut recourir soit à l'épandage agricole, soit à la méthode dite biologique, par fosses septiques et lits bactériens artificiels.

M. P. Vincey expose que le degré d'épuration des eaux d'égout, obtenu dans les champs d'épandage, est infiniment supérieur à celui réalisé dans

Digitized by Google

les installations bactériennes. C'est là un point dorénavant solutionné par les observations officielles recueillies dans les champs d'épandage de la Ville de Paris et de Créteil, d'une part, et par les expériences, non moins officielles, récemment poursuivies tant à Columbus, en Amérique, qu'à La Madeleine-lès-Lille et à Clichy-sur-Seine, pour la France, d'autre part. C'est ainsi que le pourcentage d'épuration, autrement dit de minéralisation, est de 97 pour la matière organique et de 99,999 pour les bactéries, dans l'épandage agricole, alors que, dans les conditions les plus favorables des expériences poursuivies à Lille par M. le docteur A. Calmette, ce pourcentage d'élimination n'a pu dépasser 75,9 pour la matière organique et 80,3 pour les bactéries. Au point de vue du degré originel de pollution, les eaux d'égout de Paris sont tout à fait comparables à celles de la ville de Lille.

De ces constatations rigoureuses, il résulte que, si la Ville de Paris avait pris le parti d'épurer la totalité de ses eaux d'égout par les fosses septiques et les lits bactériens, les meilleurs que l'on connaisse, l'assainissement de la Seine serait encore bien moins réalisé que par l'épandage agricole partiel, bien qu'il ne porte actuellement que sur les six septièmes du débit des collecteurs, et que plus de 100 000 m³ d'eau d'égout soient encore journellement déversés au fleuve.

M. Vincey aboutit à cette conclusion que, par ses champs d'épandage, l'administration parisienne est en possession du plus parfait instrument connu d'épuration des eaux vannes et qu'elle doit persister dans la voie de l'irrigation terrienne, seule compatible avec l'assainissement suffisant de la Seine.

Pour ce qui est de l'épuration — également nécessaire dans un avenir prochain — des eaux d'égout en provenance des communes de la Seine et de Seine-et-Oise, M. P. Vincey pense également que leur degré de concentration et leur débit sont trop considérables, en comparaison du débit du fleuve lui-même, pour que l'on ne réfléchisse pas à deux fois avant de s'engager dans la voie de l'épuration dite biologique Si les terrains propices à l'épandage agricole venaient à faire défaut, ce serait encore à l'épandage très intensif sur terre nue (en graviers anciens largement drainés), avec dégrossissage préalable, qu'il conviendrait d'avoir recours, plutôt qu'aux lits bactériens artificiels dont le travail est par trop imparfait. Aménagées par M. Puech, sous le contrôle de l'Administration et des laboratoires de Montsouris, des expériences poursuivies à Créteil, en 1904-1905, avaient conduit à une épuration beaucoup moins imparfaite que celle obtenue par les lits percolateurs de La Madeleine-lès-Lille, après passage de l'eau d'égout dans les fosses septiques, lesquelles n'agissent guère d'ailleurs qu'à la manière de simples bassins de décantation.

Sous la forme de graphiques à projections, M. P. Vincey développe les différentes parties d'un projet dont il est l'auteur, qui consiste à épurer, sur les superficies actuelles d'épandage, la totalité du débit des collecteurs parisiens. Dans les conditions les plus rapides et les plus économiques possibles, ce précieux résultat peut être atteint par la substitution de cultures très épuratrices, telles que les prairies diverses, aux récoltes pour ainsi dire hydrofuges, qu'on a eu le très grand tort de

Digitized by Google

laisser prendre la plus grande place dans les terrains d'irrigations épuratrices, et particulièrement dans les domaines appartenant en propre à l'Administration parisienne.

Pour ce qui est des 3022 ha de cultures libres des champs actuels d'épandage, le projet de M. Vincey prévoit, non une augmentation immédiate de la quantité d'eau d'égout reçue, mais plutôt une réglementation des irrigations, en proportion du débit variable et connu des collecteurs parisiens. Dépassant notablement la dose théorique légale (de 40000 m³ par hectare et par an) et conformément au débit des collecteurs, ce sont les 1500 ha des domaines administratifs qui doivent effectivement jouer le rôle de balancier-compensateur de la culture libre, en recevant encore les 102000 m³ que l'on déverse encore habituellement dans la Seine.

Dans les domaines municipaux il s'agit en somme d'une réglementation des cultures et des irrigations épuratrices, en conformité des besoins connus de l'assainissement de la Seine.

Pour que le fleuve soit ainsi assaini par des irrigations toujours rigoureusement culturales et épuratrices, dans les domaines municipaux en particulier, il suffit que les cultures fourragères prennent simplement la place actuellement occupée par les pommes de terre hâtives et autres cultures potagères, qui ne supportent que des quantités tout à fait insuffisantes d'eau d'égout. Dans les fermes de la Ville de Paris, il ne s'agit donc nullement d'ailleurs d'instaurer la monoculture fourragère, attendu que la moitié seulement de leur superficie devrait ainsi être affectée aux récoltes largement irrigatrices.

M. P. Vincey déclare qu'il croit avoir été assez heureux pour parvenir enfin à faire partager ses vues par les membres de la Commission consultative du champ d'épandage de la Ville de Paris. Il espère que l'année 1908 ne finira pas sans que l'assainissement de la Seine soit réalisé, au moins en ce qui concerne le produit des égouts de la capitale. On peut croire également que les départements de la Seine et de Seine-et-Oise ne tarderont pas, à leur tour et par des procédés efficaces, d'entrer dans la voie de l'assainissement de la Seine.

M. P. Vincey termine sa communication en déclarant que l'épandage agricole, plus capableque tout autre mode de purification des eaux usées de concourir à l'assainissement effectif des rivières, ne saurait changer l'eau d'égout en eau potable. C'est ce qui resort de l'analyse chimique et bactériologique de l'eau des drains d'épandage, d'une part, et du fait de l'origine digestive de la contamination des eaux du tout à l'égout, d'autre part. L'expérience directe démontre aussi, en outre, que la consommation des effluents d'épandage présente les dangers les plus évidents pour la salubrité. Le problème de l'assainissement des eaux d'égout, ne consiste pas seulement dans la préservation des cours d'eau superficiels; il convient aussi et surtout de l'envisager au point de vue de la protection des nappes aquifères souterraines, en ce qu'elles concourent à l'alimentation publique ou privée.

La géohydrologie sanitaire seule permet de résoudre ces questions, si essentielles au point de vue de la salubrité collective. A une date prochaine, M. P. Vincey se propose d'entretenir ses collègues de la Société

Digitized by Google

des Ingénieurs Civils de France de ces intéressants objets, en ce qui concerne la région centrale du bassin de Paris.

M. le Président remercie M. P. Vincey de sa communication intéressante et très complètement documentée. S'il y a lieu, une discussion sur ce sujet pourra ultérieurement être mise à l'un de nos ordres du jour.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. R. Bigot, H. Bricard, F. Didier, J. Lemaire, F. Otto, E. Petitgout, R. Renoux, P. Vauthier, J. Verney et A. Witzig comme Membres Sociétaires Titulaires et de

M. R. Alphand comme Membre Associé.

MM. C. Beauniée, P. Chosson, A. Dreux, Ch. Marchand, A. Normand, Ch. Senemaud et R. de Valbreuze sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

**La séance est levée à 11 h. 25 m.**

*L'un des Secrétaires techniques,*
J. Deschamps.

Digitized by Google

# FORMULE RELATIVE

A UNE

# CONDITION DE STABILITÉ DES AUTOMOBILES

ET

# SPÉCIALEMENT DES AUTOBUS

---

## OSCILLATIONS DIVERSES

---

PAR

M. Georges MARIÉ

---

### INTRODUCTION

Dans nos Mémoires de novembre 1905 et d'avril 1906 de la Société des Ingénieurs Civils, nous avons étudié les oscillations du matériel des chemins de fer à l'entrée en courbe et à la sortie, puis les oscillations dangereuses dues aux successions de courbes de sens inverse (1). Nous avons établi les conditions que doivent remplir la voie et le matériel, pour que ces oscillations soient amorties et limitées à une amplitude ne présentant pas de danger de déraillement, et cela pour les plus grandes vitesses.

Dans le chapitre XII de notre Mémoire précité d'avril 1906, nous avons montré que toutes nos théories s'appliquent aux virages des automobiles, tant que la réaction latérale des pneumatiques sur le sol n'est pas assez forte pour vaincre le frottement latéral. Puis nous avons étudié les modifications qu'il y avait lieu d'apporter à nos théories, quand la réaction latérale est assez forte pour occasionner un dérapage latéral plus ou moins fort.

Nous avons montré que les chauffeurs, même les plus pru-

(1) Voir *les Oscillations du Matériel des Chemins de fer à l'entrée en courbe et à la sortie* et *les Grandes Vitesses des Chemins de fer, les Oscillations du Matériel et la Voie*. Paris, Dunod, 1906. (Mémoires couronnés par la Société des Ingénieurs Civils et par l'Académie des Sciences en 1906.)

Digitized by Google

dents, font souvent leurs virages avec des rayons de courbure beaucoup plus faibles que les rayons qui feraient verser un véhicule de chemin de fer, toutes choses égales d'ailleurs. Nous avons montré que ce qui sauve le chauffeur c'est un dérapage latéral qui est, en quelque sorte, *la soupape de sûreté* des virages imprudents.

Nous avons montré qu'une auto dérapera toujours au lieu de verser si elle remplit la condition :

$$h < \frac{b}{2f};$$

$h$ est l'altitude du centre de gravité de l'auto (que nous avions appelée $a$); $b$ est la largeur de la voie et $f$ le coefficient de frottement des pneus sur la route, en travers).

D'autre part, nous avons montré que le dérapage latéral avait un puissant effet protecteur, même quand il est assez faible pour que la trace du pneu sur la route soit élargie d'une façon à peine visible : nous avons montré que, dans un cas pratique, la trace n'est élargie que de 8 mm, avec une force centrifuge *double* de celle qui ferait verser un véhicule de chemin de fer dans les mêmes conditions.

Nous ne reprendrons pas cette question du « dérapage protecteur invisible » que nous avons traitée complètement; mais nous allons reprendre la formule ci-dessus, qui indique la condition pour que l'auto dérape toujours au lieu de verser. Nous allons voir ce que devient cette formule dans le cas du dévers défavorable ou favorable de la route; d'autre part, nous compléterons cette formule en tenant compte du déplacement du centre de gravité occasionné par la flexion inégale des ressorts sous l'action de la force centrifuge.

En un mot nous allons établir cette formule avec une précision beaucoup plus grande; cela nous parait nécessaire à cause de l'extension des autobus à impériale, qui circulent avec la plus grande audace, au milieu des embarras de voitures, malgré leur centre de gravité élevé.

La plupart de nos études sur les oscillations du matériel des chemins de fer s'appliquent aux automobiles; nous rappelons ci-après, sous le titre *Autres oscillations*, celles qui nous ont paru les plus intéressantes pour les autos.

Digitized by Google

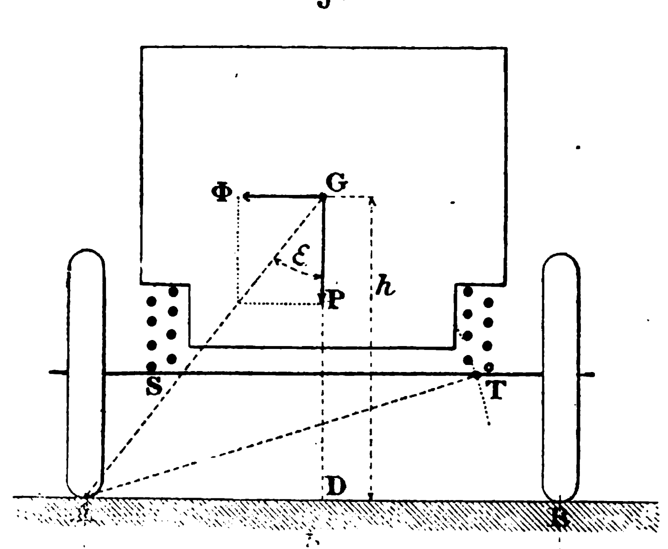
CHAPITRE PREMIER

## Condition de stabilité sans tenir compte des ressorts ni du dévers.

### § 1. — RECHERCHE DE LA FORMULE.

Il est clair que le véhicule ne versera pas (*fig. 1*) si la résultante de la force centrifuge $\Phi$ et du poids P passe en dehors du

Fig. 1




point de contact M de la roue extérieure et du sol, ou si l'on a, en considérant les triangle semblables :

$$\frac{\Phi}{P} < \frac{\left(\frac{b}{2}\right)}{h},$$

ou :

$$h < \frac{P}{\Phi} \times \frac{b}{2}.$$

Mais le maximum de la réaction horizontale du sol est $P \times f$.

Digitized by Google

Supposons $\Phi_1 = Pf$ et appliquons la valeur $\Phi = \Phi_1$ à la formule ci-dessus, on a :

$$h < \frac{P}{\Phi_1} \times \frac{b}{2}, \qquad \text{ou :} \qquad h < \frac{P}{Pf} \times \frac{b}{2},$$

ou : $$h < \frac{b}{2f}. \qquad [1]$$

Voilà la formule que nous avons rappelée dans l'introduction; elle exprime la condition pour que l'auto dérape toujours au lieu de verser, dans les virages trop brusques; mais cette formule ne tient compte ni du dévers, ni de la flexion inégale des ressorts sous l'action de la force centrifuge.

### § 2. — CAS D'UN GRAND EXCÈS DE FORCE CENTRIFUGE.

Il n'est pas inutile de voir de plus près ce qui se passera si $\Phi$ dépasse de beaucoup la valeur $\Phi_1 = Pf$.

Je suppose que la condition de la formule (1) soit largement remplie par l'auto.

Considérons deux cas et comparons-les :

*Premier cas.* — Supposons d'abord que $\Phi$ soit égal à la valeur $\Phi_1 = Pf$; alors l'auto ne dérapera pas; mais elle est sur le point de le faire.

Appelons $P_1$ la pression de la roue en M et $P_2$ la pression de la roue en N, telle que :

$$P_1 + P_2 = P.$$

Comme nous avons supposé que la condition (1) est largement remplie, cela revient à dire que $P_2$ ne sera pas nulle, dans aucun cas, et *a fortiori* dans le cas actuel, puisque $\Phi$ est égal à $\Phi_1$. Donc la voiture ne verse pas dans ce cas, naturellement.

*Deuxième cas.* — Supposons, à présent, que $\Phi$ soit beaucoup plus grand que $\Phi_1 = Pf$; alors l'excédent $\Phi - \Phi_1$ est employé à donner à la voiture une force d'inertie latérale ou *un dérapage* en un mot; cette inertie est donnée par la formule :

$$\Phi - \Phi_1 = \frac{P}{g}\gamma$$

($\gamma$ étant l'accélération latérale).

Donc, si l'on compare avec le premier cas, où $\Phi$ était égal

Digitized by Google

à $\Phi_1$, il n'y a, en plus, qu'une force $\Phi - \Phi_1$, et une force d'inertie $\frac{P}{g}\gamma$ appliquées toutes deux au centre de gravité et qui se font équilibre; il n'y a donc rien de changé dans l'équation des moments autour du point M; il en résulte que les réactions du sol $P_1$ et $P_2$ ne sont pas modifiées; en d'autres termes, la pression $P_2$ de la roue en B sera la même que dans le premier cas; donc la voiture n'a pas plus de tendance à verser que dans ce premier cas; ce qu'il fallait démontrer.

## Chapitre II

## Condition de stabilité sans tenir compte des ressorts mais en tenant compte du dévers.

### § 3. — QUESTION A RÉSOUDRE.

Au paragraphe 50 de notre Mémoire précité, nous avons dit :

» Je pourrais démontrer que la condition $h < \frac{b}{2f}$ n'est pas
» modifiée en cas de dévers de la route; mais le calcul serait un
» peu long, ce qui m'empêche de le donner ici. Mais cependant
» le virage avec dévers défavorable est extrêmement dangereux
» pour d'autres motifs. »

Nous allons démontrer ici ce que nous avons annoncé.

### § 4. — CONDITION DE VERSEMENT AVEC $f = \infty$.

Si l'on avait $f$ infini, c'est-à-dire si l'auto ne pouvait pas déraper, comme un véhicule de chemin de fer, quelle valeur devrait avoir $\Phi$ pour que l'auto verse?

La figure 2 représente le schéma de ce qui se passe; AB est la route avec son dévers défavorable $\alpha$; A et B sont les points de contact des roues et du sol et G est le centre de gravité du véhicule. P est son poids et $\Phi$ sa force centrifuge.

L'auto versera si la résultante de $\Phi$ et de P tombe en dehors du point A.

Cherchons la condition pour que cette résultante passe exactement par le point A.

Digitized by Google

Il faut que :

$$\frac{GF}{GE} = \frac{\Phi}{P}. \qquad [2]$$

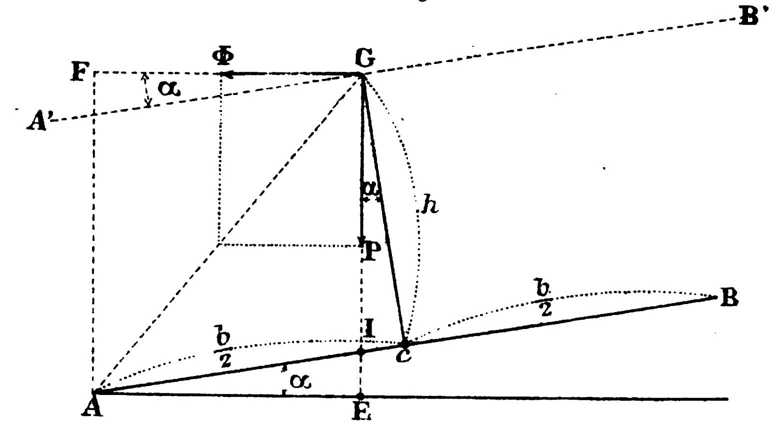
Évaluons GF et GE.

*1° Calcul de* GF.

On a : $GF = AE = AI \cos \alpha.$

Or : $AI = AC - CI = \frac{b}{2} - CI;$

Fig. 2




d'autre part : $\frac{CI}{h} = \operatorname{tg} \alpha,$

d'où : $CI = h \operatorname{tg} \alpha;$

donc : $AI = \frac{b}{2} - h \operatorname{tg} \alpha;$

donc : $GF = \left[\frac{b}{2} - h \operatorname{tg} \alpha\right] \cos \alpha.$

$$GF = \left[\frac{b}{2} - h \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}\right] \cos \alpha = \frac{b}{2} \cos \alpha - h \sin \alpha. \qquad [3]$$

Digitized by Google

*2° Calcul de* GE.

On a : $$GE = GI + IE.$$

Or : $$h = GI \cos\alpha,$$

d'où : $$GI = \frac{h}{\cos\alpha};$$

d'autre part : $$\operatorname{tg}\alpha = \frac{IE}{AE} = \frac{IE}{GF};$$

donc : $$IE = GF \operatorname{tg}\alpha;$$

remplaçons GF par sa valeur tirée de l'équation (5) :

$$IE = \left[\frac{b}{2}\cos\alpha - h\sin\alpha\right]\operatorname{tg}\alpha;$$

remplaçons GI et IE par ces valeurs dans l'équation $GE = GI + IE$, il vient :

$$GE = \frac{h}{\cos\alpha} + \left[\frac{b}{2}\cos\alpha - h\sin\alpha\right]\operatorname{tg}\alpha,$$

ou : $$GE = \frac{h}{\cos\alpha} + \left[\frac{b}{2}\cos\alpha - h\sin\alpha\right]\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha},$$

ou : $$GE = \frac{h + \frac{b}{2}\sin\alpha\cos\alpha - h\sin^2\alpha}{\cos\alpha}. \qquad [4]$$

Maintenant, remplaçons, dans l'équation [2], GF et GE par leurs valeurs tirées de [3] et de [4]; on a :

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{GF}{GE} = \frac{\frac{b}{2}\cos\alpha - h\sin\alpha}{\left[\frac{h + \frac{b}{2}\sin\alpha\cos\alpha - h\sin^2\alpha}{\cos\alpha}\right]}$$

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{\frac{b}{2}\cos^2\alpha - h\sin\alpha\cos\alpha}{h + \frac{b}{2}h\sin\alpha\cos\alpha - h\sin^2\alpha}$$

Digitized by Google

Remarquons que, l'angle $\alpha$ étant toujours faible, on peut confondre $\cos^2\alpha$ avec l'unité, et $\sin^2\alpha$ avec zéro; il vient :

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{\frac{b}{2} - h \sin\alpha \cos\alpha}{h + \frac{b}{2} \sin\alpha \cos\alpha}.$$

Divisons haut et bas par $\cos^2\alpha$ qui est égal à l'unité, il vient, approximativement :

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{\frac{b}{2} - h \operatorname{tg}\alpha}{h + \frac{b}{2} \operatorname{tg}\alpha}$$

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{\frac{b}{2} - 2h \operatorname{tg}\alpha}{2h + b \operatorname{tg}\alpha} = \frac{1 - \left(\frac{2h}{b}\right) \operatorname{tg}\alpha}{\left(\frac{2h}{b}\right) + \operatorname{tg}\alpha} \qquad [5]$$

Telle est l'équation cherchée qui indique la limite de la force centrifuge à partir de laquelle l'automobile versera si $f$ est égal à l'infini, c'est-à-dire si l'automobile ne peut pas déraper, comme sur une voie ferrée. Nous donnerons des *applications numériques* de cette formule.

### § 5. — CONDITION DE DÉRAPAGE.

Maintenant, que faut-il pour que l'auto dérape sous l'action d'une violente force centrifuge, avec une valeur de $f$ égale à 0,65, chiffre de notre mémoire précité et dont nous donnerons la justification.

Revenons à la figure 2.

Je suppose que l'auto satisfasse à la condition, *encore inconnue*, qui lui permet de déraper au lieu de verser.

Dès lors, pour qu'elle dérape, il faut que, en projection sur la route AB, les forces motrices soient supérieures aux forces résistantes, ou :

$$P \sin\alpha + \Phi \cos\alpha > (P \cos\alpha - \Phi \sin\alpha) f,$$

ou : $$P \sin\alpha - Pf \cos\alpha + \Phi \sin\alpha + \Phi f \sin\alpha > 0,$$

ou : $$P \operatorname{tg}\alpha - Pf + \Phi + \Phi f \operatorname{tg}\alpha > 0,$$



Digitized by Google

ou : $$\Phi(1 + f\,\text{tg}\,\alpha) > P(f - \text{tg}\,\alpha),$$

ou : $$\frac{\Phi}{P} > \frac{f - \text{tg}\,\alpha}{1 + f\,\text{tg}\,\alpha}; \qquad [6]$$

telle est la condition cherchée.

A titre de vérification, si l'on fait $\text{tg}\,\alpha = 0$, on en déduit $\Phi > Pf$, ce qui devait être, en cas de dévers nul ; si l'on fait $\text{tg}\,\alpha = f$, on a $\Phi = 0$, ce qui devait être, car alors, évidemment, l'auto doit déraper pour la plus légère force centrifuge. Nous donnerons des applications numériques de la formule [6].

### § 6. — CONDITION POUR QUE L'AUTO DÉRAPE AU LIEU DE VERSER.

En rapprochant les équations [5] et [6] nous aurons, naturellement, la condition limite pour que l'auto dérape au lieu de verser ; on a donc cette condition en écrivant :

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{1 - \left(\frac{2h}{b}\right)\text{tg}\,\alpha}{\left(\frac{2h}{b}\right) + \text{tg}\,\alpha} = \frac{f - \text{tg}\,\alpha}{1 + f\,\text{tg}\,\alpha},$$

$$\left(\frac{2h}{b} + \text{tg}\,\alpha\right)(f - \text{tg}\,\alpha) = \left(1 - \frac{2h}{b}\,\text{tg}\,\alpha\right)(1 + f\,\text{tg}\,\alpha),$$

$$\left(\frac{2h}{b} + \text{tg}\,\alpha\right)(f - \text{tg}\,\alpha) - \left(1 - \frac{2h}{b}\,\text{tg}\,\alpha\right)(1 + f\,\text{tg}\,\alpha) = 0,$$

$$\frac{2h}{b}(f - \text{tg}\,\alpha) + \text{tg}\,\alpha\,(f - \text{tg}\,\alpha) - (1 + f\,\text{tg}\,\alpha) + \frac{2h}{b}\text{tg}\,\alpha\,(1 + f\,\text{tg}\,\alpha) = 0,$$

ou encore :

$$\frac{2h}{b}(f - \text{tg}\,\alpha + \text{tg}\,\alpha + f\,\text{tg}^2\,\alpha) = 1 + f\,\text{tg}\,\alpha - f\,\text{tg}\,\alpha + \text{tg}^2\,\alpha,$$

ou encore : $$\frac{2h}{b} = \frac{1 + f\,\text{tg}\,\alpha - f\,\text{tg}\,\alpha + \text{tg}^2\,\alpha}{f - \text{tg}\,\alpha + \text{tg}\,\alpha + f\,\text{tg}^2\,\alpha},$$

ou encore : $$\frac{2h}{b} = \frac{1 + \text{tg}^2\,\alpha}{f + f\,\text{tg}^2\,\alpha},$$

or $\text{tg}^2\,\alpha$ peut être confondu avec 0 ; on a donc :

$$\frac{2h}{b} = \frac{1}{f}, \qquad \text{ou bien :} \qquad h = \frac{b}{2f}.$$

Digitized by Google

Donc, pour que l'auto dérape au lieu de verser, il faut que :

$$h < \frac{b}{2f}. \qquad [1]$$

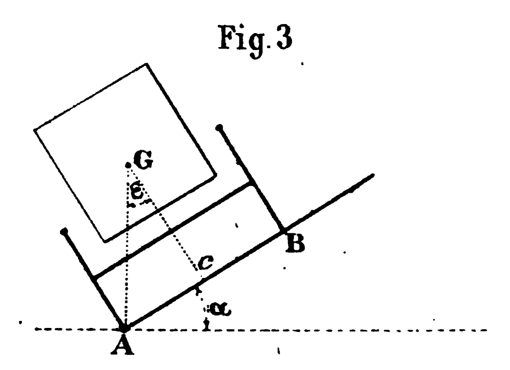
On retombe donc sur la même condition que s'il n'y avait pas de dévers, comme nous l'avions annoncé.

*Donc, la condition de stabilité, qui est déjà indépendante de la vitesse et du rayon du virage, est aussi indépendante du dévers.*

Ce curieux résultat s'explique en y réfléchissant; en effet, si le dévers augmente la tendance au versement, il augmente aussi la tendance au dérapage et les deux effets se compensent, de sorte que l'automobile conservera la même faculté de déraper au lieu de verser.

On peut, du reste, démontrer directement que la condition $h < \frac{b}{2f}$ subsiste dans le cas limite où l'angle $\alpha$ de dévers est égal à l'angle du frottement $f$; en effet, dans ce cas, il faut que le

Fig. 3




centre de gravité G soit dans la verticale de A, afin que l'auto dérape pour la plus légère force centrifuge, comme cela doit être dans ce cas *(fig. 3)*.

Il faut pour cela que $\text{tg}\,\varepsilon = \text{tg}\,\alpha = f$.

or :
$$\text{tg}\,\varepsilon = \frac{AC}{GC} = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)}{h} = \frac{b}{2h} = f,$$

donc :
$$h = \frac{b}{2f},$$

comme ci-dessus.

### § 7. — APPLICATIONS NUMÉRIQUES.

Appliquons au cas d'une automobile dans laquelle :

$$b = 1^m 40,$$
$$h = 0^m 90,$$
$$\operatorname{tg} \alpha = 0^m 10.$$

Appliquons la formule [5], ou :

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{b - 2h \operatorname{tg} \alpha}{2h + b \operatorname{tg} \alpha} = \frac{1^m 40 - 2 \times 0,90 \times 0,10}{2 \times 0,90 + 1^m 40 \times 0,10},$$

$$\frac{\Phi}{P} = 0,62.$$

Soit $v$ la vitesse en mètres et $r$ le rayon de la courbe, on a :

$$\Phi = \frac{P}{g} \frac{v^2}{r} \qquad \text{ou} \qquad \frac{\Phi}{P} = \frac{v^2}{gr} = 0,62,$$

d'où $v^2 = gr \times 0,62$.

Si $r = 10$ mètres, on a :

$$v^2 = 9,81 \times 10 \times 0,62 = 61,$$
$$v = \sqrt{61} = 7^m 8$$

par seconde ou 28 km à l'heure.

Passons au cas du dévers nul ou $tg\alpha = 0$ ; on a :

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{b}{2h} = \frac{1,40 \text{ m}}{2 \times 0,90} = 0,77$$

et de même : $v^2 = 9,81 \times 10 \times 0,77 = 76$

d'où : $v = \sqrt{76} = 8,7$ m par seconde ou 31 km à l'heure.

Passons au cas du dévers favorable ; on a :

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{b + 2htg\alpha}{2h - btg\alpha} = \frac{1,40 \text{ m} + 2 \times 0,90 \times 0,10}{2 \times 0,90 - 1,40 \text{ m} \times 0,10}$$

$$\frac{\Phi}{P} = 0,95$$

et de même : $v^2 = 9,81 \times 10 \times 0,95 = 93$

$v = \sqrt{93} = 9,6$ m par seconde ou 35 km à l'heure.

Digitized by Google

Telles sont les vitesses pour lesquelles l'auto versera avec $f$ égal à l'infini, c'est-à-dire si tout dérapage est impossible comme sur une voie ferrée.

Appliquons à présent la formule : $h < \frac{b}{2f}$; elle donne :

$$h < \frac{1{,}40 \text{ m}}{2 \times 0{,}65} = \frac{1{,}40 \text{ m}}{1{,}30} = 1{,}07 \text{ m}.$$

Ainsi il faut 1,07 m pour que l'auto dérape au lieu de verser, et nous avons $h = 0{,}90$ m.

Le coefficient de sécurité est :

$\frac{0{,}90}{1{,}07} = 0{,}84$ environ au lieu de 1.

C'est peu de chose, mais c'est le plus souvent comme cela :

Appliquons maintenant la formule (6) ou :

$$\frac{\Phi}{P} > \frac{f - tg\alpha}{1 + f tg\alpha} = \frac{0{,}65 - 0{,}10}{1 + 0{,}65 \times 0{,}10}$$

$$\frac{\Phi}{P} > 0{,}52,$$

on a encore : $\frac{\Phi}{P} = \frac{v^2}{gr} = 0{,}52$

où $v^2 = gr \times 0{,}52 = 9{,}81 \times 10 \times 0{,}52,$

d'où : $v = 7{,}1$ m par seconde ou : 25,5 km à l'heure.

Passons au cas du dévers nul ou $tg\alpha - 0$

$$\frac{\Phi}{P} = 0{,}65, \quad \text{d'où} \quad v^2 = gr \times 0{,}65$$

ou : $v = \sqrt{63} = 7{,}9$ m par seconde ou 29 km à l'heure.

Passons enfin au cas du dévers favorable, on a :

$$\frac{\Phi}{P} > \frac{f + tg\alpha}{1 - f tg\alpha} = \frac{0{,}65 + 0{,}10}{1 - 0{,}65 \times 0{,}10} = 0{,}8$$

d'où : $v^2 = gr \times 0{,}8 = 0{,}78,$

$v = \sqrt{78} = 8{,}8$ m par seconde ou 32 km à l'heure.

Digitized by Google

Telles sont les vitesses à partir desquelles l'automobile commencera à déraper au lieu de verser.

Le tableau suivant résume toutes ces applications numériques; nous y avons ajouté les applications numériques avec $r = 20$ m au lieu de 10.

| DÉVERS DE LA ROUTE | | RAYON DE 10 m. $f = 8$ CONDITION de versement | RAYON DE 10 m. $f = 0,65$ CONDITION de dérapage | RAYON DE 20 m. $f = 8$ CONDITION de versement | RAYON DE 20 m. $f = 0,65$ CONDITION de dérapage |
|---|---|---|---|---|---|
| $tg\alpha =$ 0,10 Dévers défavorable. . | km | 28 | 25 | 39 | 36 |
| $tg\alpha =$ 0 Dévers nul . . . . . | km | 31 | 29 | 43 | 41 |
| $tg\alpha =$ — 0,10 Dévers favorable. . . | km | 35 | 32 | 49 | 45 |

### § 8. — DISCUSSION DES RÉSULTATS; DANGERS DU DÉVERS DÉFAVORABLE.

Voici les conséquences intéressantes de cette théorie :

1° — Tout d'abord voici la justification du coefficient de frottement de 0,65 que nous avons choisi. Ce chiffre résulte des expériences de M. Arnoux, notre distingué collègue, et des indications de la pratique. Il faut naturellement prendre ici le cas le plus défavorable, c'est-à-dire le cas de la route sèche ; or M. Arnoux a montré que, dans ce cas, le coefficient d'adhérence ou de frottement du caoutchouc sur la route est 2 à 3 fois supérieur au coefficient de frottement normal des métaux. Ce résultat de M. Arnoux est confirmé par ce fait que les autos, en cas de danger, s'arrêtent sous l'action du frein, 2 à 3 fois plus vite qu'un chemin de fer, à égalité de proportion de poids freiné.

On verra plus tard que, pour tenir compte des vibrations, le coefficicnt de frottement $f$, que nous envisageons ici, peut être réduit à 0,50 au lieu de 0,65. Mais nous conservons ici néanmoins le chiffre fort de 0,65 pour tenir compte de ce que notre formule $h < \frac{b}{2f}$ ne tient pas compte de la flexion des ressorts. Nous prendrons la valeur $f = 0,50$ quand nous donnerons notre formule plus rigoureuse qui tient compte des ressorts;

Digitized by Google

2° En second lieu, nos calculs montrent la nécessité absolue de *la possibilité* du dérapage latéral parfois très léger du reste; le chauffeur doit donc faire en sorte que ce dérapage soit possible quand il fait un virage brusque.

L'impossibilité absolue du dérapage latéral se rencontre dans deux cas pratiques. Il y a d'abord le cas de l'éclatement du pneu dans un virage brusque, car alors la jante en fer pénètre dans la route et rend tout glissement latéral impossible; la théorie qui précède explique comment la voiture verse, et occasionne des accidents terribles, en cas de virage brusque coïncidant avec l'éclatement. Il y a ensuite le cas d'une auto lancée qui vire brusquement en arrivant dans une allée garnie de sable mou; la voiture est exposée à verser dans ce cas; la pratique confirme ici encore la théorie qui précède; ce danger réel m'a été confirmé dernièrement.

3° Nous signalerons le cas d'un virage brusque avec obstacle *momentané* au dérapage latéral comme une ornière où la roue pénètre, ou un rail de tramway surhaussé, etc. Ce danger est moins grave que le précédent; en effet, si l'obstacle est très court, dans le sens de l'axe de la route, la voiture tend à verser mais elle n'en aura généralement pas *le temps;* il faut, en effet, un temps appréciable pour que le ressort de la roue déchargée se débande et pour que le centre de gravité arrive dans la verticale du point de contact de la roue extérieure et du sol; cela est fort heureux car il arrive bien souvent que ce cas se présente en pratique.

4° Nous attirons l'attention du lecteur sur les résultats du tableau qui précède. Le virage en vitesse avec 10 m de rayon se fait, en pratique, comme manœuvre désespérée, pour éviter d'écraser quelqu'un par exemple; on voit que, dans ce cas, *la voiture verserait à 31 km* à l'heure seulement, si le dérapage protecteur n'avait pas lieu. Le virage avec 20 m de rayon se fait couramment avec de grandes vitesses; or, le tableau montre que, sans dévers, la voiture verserait à 43 km s'il n'y avait pas le dérapage protecteur; or on vire souvent à plus de 43 km à l'heure avec 20 m de rayon. Ces chiffres montrent quel rôle important ce phénomène du dérapage protecteur joue dans la pratique courante.

5° Enfin, il est essentiel de revenir sur la conséquence brutale de la théorie qui précède, suivant laquelle la condition qui

Digitized by Google

permet à l'auto de déraper au lieu de verser, ou $h < \frac{b}{2f}$ est indépendante du dévers.

Nous le répétons, ce résultat n'est paradoxal qu'en apparence, car le dévers défavorable augmente tout à la fois la tendance au versement et la tendance au dérapage ; on conçoit fort bien qu'il s'établisse une compensation exacte.

***Mais il n'en est pas moins vrai qu'en réalité, le dévers défavorable est extrêmement dangereux dans les virages brusques, et cela pour les motifs suivants :***

*a)* Avec dévers défavorable le tableau montre que la vitesse à laquelle a lieu le versement, pour $f = \infty$, est bien plus faible que sans dévers; c'est déjà un assez grave inconvénient.

*b)* Avec dévers défavorable, la vitesse pour laquelle l'auto commence à déraper est de 36 km à l'heure au lieu de 41, avec 20 m de rayon, d'après le tableau. Il en résulte que le dérapage à égalité de vitesse sera plus fort avec dévers que sans dévers; le dévers défavorable donnera donc le plus souvent ***un excès de dérapage***, et c'est un fait bien connu en pratique; il expose l'auto à venir briser sa roue contre le trottoir ou l'auto elle-même contre un arbre de la route: c'est malheureusement un accident trop connu qui a fait de nombreuses victimes.

*c)* Avec dévers défavorable, le centre de gravité se déplace du côté dangereux par suite du dévers même sans force centrifuge; il en résulte que, dans ce cas, nous diminuons le ***temps*** que l'auto met à verser quand elle rencontre un obstacle latéral momentané qui l'empêche de déraper, comme nous l'avons expliqué ci-dessus. Dans le cas d'un grand dévers défavorable, le chauffeur n'a guère qu'une ressource dans un virage brusque avec obstacle latéral, c'est de *redresser* le virage, c'est-à-dire de diminuer la force centrifuge en augmentant le rayon de courbure; or cette manœuvre est, d'autre part, parfois très dangereuse, puisqu'elle peut amener la voiture contre le bord de la route, ce qui, nous le répétons, est souvent périlleux.

*d)* Enfin, nous montrerons plus loin que, quand on tient compte de la flexion des ressorts, le dévers entre dans la formule elle même.

En résumé, toute cette théorie montre comment les chauffeurs peuvent virer à des vitesses bien supérieures à celles qui feraient verser un véhicule de chemin de fer dans les mêmes conditions

Digitized by Google

mais ce n'est que grâce à une grande habileté qu'ils évitent les plus grands dangers. En considérant tous les résultats de cette théorie, on est épouvanté en songeant aux dangers des très grandes vitesses où les chauffeurs sont à chaque instant guettés par la mort et ne l'évitent, nous le répétons, qu'avec beaucoup d'adresse.

## Chapitre III

## Condition de stabilité en tenant compte des ressorts et sans dévers.

### § 9. — Nécessité d'une nouvelle formule.

La formule : $h < \frac{b}{2f}$, avons-nous dit, ne tient pas compte de la flexion des ressorts qui déplace le centre de gravité du côté dangereux. Nous avons pris $f = 0{,}65$ au lieu de 0,50 pour en tenir compte en bloc ; mais, avec le développement des autobus à impériale et à centre de gravité élevé, il nous a paru nécessaire d'établir une formule qui tienne compte de la flexion des ressorts de suspension.

### § 10. — Recherche de la formule.

L'automobile est supposée circulant à vitesse uniforme, en courbe de rayon constant. Supposons que cette auto, de poids P (fig. 4), se compose d'un poids suspendu P′ et d'un poids non suspendu P″. Soit Φ la force centrifuge du poids total P, appliquée au centre de gravité général $G_0$, et Φ′ la force centrifuge du poids suspendu P′.

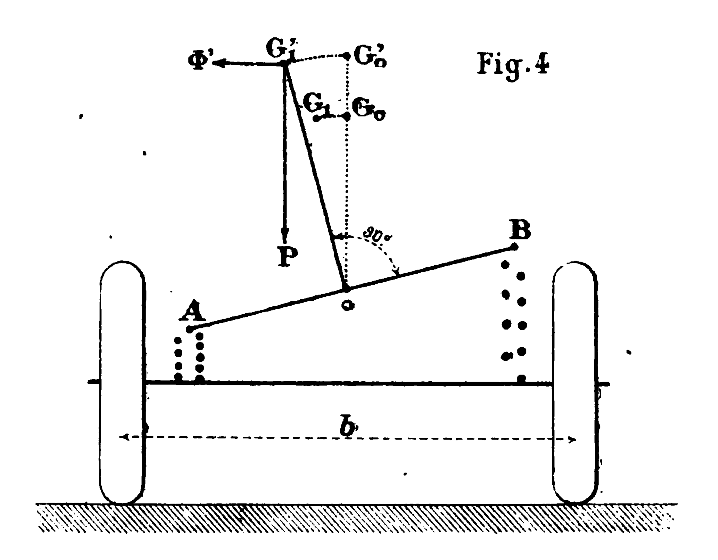
Sous l'influence de la flexion des ressorts, le poids suspendu P′ oscille autour d'un axe horizontal passant par notre *centre d'oscillation O*, dont nous avons montré l'existence en 1901 et que notre collègue, M. Herdner, a retrouvé depuis, de son côté, dans ses remarquables travaux sous le nom de « centre élastique ».

Nous en connaissons la situation ; le centre d'oscillation en question est situé, comme nous l'avons montré, dans la verticale du centre de gravité du poids suspendu et à la hauteur du

Digitized by Google

haut des ressorts. Le centre de gravité $G'_0$ du poids suspendu vient en $G'_1$ ; il en résulte un déplacement du centre de gravité général qui vient de $G_0$ en $G_1$.

On voit donc que, dans la formule [1] il va falloir remplacer $\frac{b}{2}$ par $\frac{b}{2} - c$, $c$ étant la projection horizontale du déplacement $G_0\, G_1$ du centre de gravité général résultant de ce que la




partie suspendue P′ *ou caisse* s'est penchée ; on suppose le déplacement assez petit pour que sa projection *verticale* soit négligeable, ce qui a lieu en pratique.

La formule [1] devient ici :

$$h < \frac{\left(\frac{2}{b}\right) - c}{f} \qquad [7]$$

Le problème revient donc à calculer $c$.

Appelons $c'$ le déplacement $G'_0\, G'_1$ du centre de gravité $G'_0$ de la caisse suspendue compté horizontalement ; quelle relation y a-t-il entre $c$ et $c'$ ?

On a évidemment : $\frac{c}{c'} = \frac{P'}{P}$,

d'où

$$c = c'\frac{P}{P}$$

Digitized by Google

substituons dans l'équation [7] il vient :

$$h < \frac{\left(\frac{b}{2}\right) - c'\frac{P'}{P}}{f} \qquad [8]$$

Le problème revient donc à calculer $c'$.

Soient Q et R les réactions des ressorts en A et B ; on a évidemment : $Q + R = P'$, s'il n'y a pas de dévers, comme nous le supposons ici.

Appelons $d$ la distance OB ou demi-écartement des ressorts, et $k$ la hauteur $OG'_0$ du centre de gravité de P' au-dessus du centre d'oscillations O ; nous supposons aussi l'angle de déviation très faible.

Prenons les moments par rapport à O, on a :

$$\Phi' k + P'c' = (Q - R)d \qquad [9]$$

ou :

$$\frac{\Phi'}{P'}k + c' - \left(\frac{Q - R}{P'}\right)d = 0 \qquad [10]$$

Il faut à présent évaluer les rapports $\frac{\Phi'}{P'}$ et $\frac{Q - R}{P'}$ :

Évaluons d'abord le rapport $\frac{Q - R}{P'}$ :

Faisons tourner par la pensée la ligne fictive AB, autour de O, depuis l'horizontale jusqu'à la position pour laquelle le ressort en B sera entièrement déchargé, l'autre portant *la totalité* du poids P'.

Dans ce cas, la force $Q - R$ aura varié de 0 à P' ; le déplacement vertical du point B ou du point A sera égal à $a$ ou *flexion statique du ressort*, ou produit de sa flexibilité par quintal, par sa charge normale en quintaux.

Maintenant, dans le cas du problème, le déplacement horizontal de $G'_0$ étant $c'$, par définition, le déplacement $e'$ vertical correspondant de B ou de A est évidemment tel que :

$$\frac{e'}{c'} = \frac{d}{k} \qquad \text{ou :} \qquad e' = c' \times \frac{d}{k}$$

Digitized by Google

Maintenant écrivons que les efforts des ressorts sont proportionnels aux déplacements en comparant le cas de notre problème avec le cas fictif précédent, on aura :

$$\frac{Q - R}{P'} = \frac{e'}{a} = \frac{c'\left(\frac{d}{k}\right)}{a} = \frac{c'd}{ka}.$$

Voilà l'évaluation cherchée de $\frac{Q - R}{P'}$.

Évaluons à présent le rapport $\frac{\Phi'}{P'}$ ; il est évidemment égal à $\frac{\Phi}{P} = f$, en nous plaçant au cas limite où l'automobile commence à déraper au lieu de verser.

Substituons dans l'équation [10] ces valeurs des rapports $\frac{Q - R}{P'}$ et de $\frac{\Phi'}{P'}$, il vient :

$$fk + c' - \frac{c'd}{ka} \times d = 0,$$

ou encore :

$$c'\left(1 - \frac{d^2}{ka}\right) = -fk,$$

ou encore :

$$c' = \frac{-fk}{1 - \frac{d^2}{ka}} = f\left(\frac{-k^2a}{ka - d^2}\right) = f\left(\frac{k^2a}{d^2 - ka}\right).$$

Substituons dans l'équation [8], il vient :

$$h < \frac{\frac{b}{2} - \frac{P'}{P}\left[\frac{k^2a}{d^2 - ka}\right]f}{f},$$

ou encore :

$$h < \frac{b}{2f} - \frac{P'}{P} \times \frac{k^2a}{d^2 - ka}. \qquad [12]$$

Telle est la condition cherchée, *qui montre l'altitude* h *que le centre de gravité général ne doit pas dépasser pour que l'automobile dérape au lieu de verser; c'est ce que nous appellerons la condition de stabilité de l'automobile, au point de vue du versement dû à la force centrifuge.*

Digitized by Google

Je rappellerai ici les notations :

*h* est l'altitude du centre de gravité général au-dessus du sol;
*b* est la largeur de la voie;
P, le poids total de l'automobile ;
P', le poids suspendu ;
*k*, l'altitude du centre de gravité du poids suspendu au-dessus du centre d'oscillations;
*a* est la flexion statique des ressorts ou produit de leur flexibilité par quintal, par leur charge normale en quintaux;
*d* est le demi-écartement des ressorts de l'essieu;

Enfin, *f* est le coefficient de frottement en travers, que nous prenons égal à 0,50 au lieu de 0,65, pour tenir compte des vibrations.

## CHAPITRE IV

## Condition de stabilité en tenant compte des ressorts et du dévers.

### § 11. — RECHERCHE DE LA FORMULE.

Si maintenant on tient compte du dévers, nous allons montrer que la formule [12] devient :

$$h < \frac{b}{2f} - \mathrm{L} \cdot \frac{\mathrm{P}'}{\mathrm{P}} \cdot \frac{k^2 a}{d^2 - ka}, \qquad [13]$$

avec : $$\mathrm{L} = \frac{f \pm \sin \alpha}{f}.$$

(Le signe + correspond au dévers défavorable et le signe — au dévers favorable.)

Pour le démontrer, remarquons d'abord que le premier terme $\frac{b}{2f}$ n'est pas influencé par le dévers comme nous l'avons montré dans le chapitre II ci-dessus.

En ce qui concerne le second terme, il s'agit de démontrer qu'il est multiplié par L, L ayant la valeur ci-dessus.

Pour le démontrer, considérons le cas du dévers défavorable.

Considérons le cas limite où tg $\alpha = f$, angle du frottement; c'est un cas qui ne se présente jamais en pratique, mais qui va

Digitized by Google

nous servir pour le raisonnement. Dans ce cas, comparons le cas de la force centrifuge limite $\Phi_1 = P'f$, sans dévers, avec le cas du dévers $\mathrm{tg}\,\alpha = f$, sans force centrifuge; comparons les moments qui tendent à faire tourner la caisse autour du centre d'oscillations dans les deux cas et cela *avant* que la rotation n'ait eu lieu. On voit de suite que, dans le premier cas, le moment de $\Phi_1$, par rapport au centre d'oscillations, est $\Phi_1 k$ ou $P'fk$; dans le second cas, le moment de la pesanteur, par rapport au même centre d'oscillation, est P′ multiplié par la distance de P′ au centre d'oscillation ou $k \sin \alpha$, ou $P'k \sin \alpha$, ou $P'kf$ sensiblement. Donc le moment est le même dans les deux cas. Donc, si nous passons à un troisième cas, dans lequel nous aurons à la fois la force centrifuge limite et le dévers $\mathrm{tg}\,\alpha = f$, on voit que la valeur de $f$ doit être doublée, ce qui a lieu dans la valeur de L ci-dessus, puisque $\sin \alpha$ est égal à $f$ sensiblement.

En pratique, il en est de même pour les petites valeurs du dévers $\alpha$, car les déplacements des ressorts sont proportionnels aux efforts et avec plus de précision encore, car alors $\sin \alpha$ et $\mathrm{tg}\,\alpha$ peuvent être tout à fait confondus; la formule ci-dessus est donc sensiblement exacte, ce qu'il fallait démontrer.

Mais il y a lieu d'observer que cette formule n'est qu'approchée; en effet, nous avons confondu le sinus avec la tangente; ensuite, nous avons considéré les moments *avant* la déviation, au lieu de les considérer *après*, ce qui eût été un peu plus exact. De plus, dans le cas du dévers, le centre d'oscillation n'est pas absolument fixe, comme nous l'avons montré dans notre mémoire de novembre 1905; il y a une très légère translation; P′ est diminué légèrement par le dévers, ce qui *relève* un peu le centre de gravité G′; mais c'est négligeable si $\mathrm{tg}\,\alpha$ est inférieure à 1/10, comme dans la pratique courante.

Il résulte de tout ceci que la détermination de L n'est qu'approchée, un peu empirique même, comme celle de la détermination moyenne de *b*, *a* et *d*, dont nous allons parler. On pourrait obtenir un résultat plus exact, mais ce serait trop compliqué et vraiment inutile ici.

Digitized by Google

## Chapitre V

## Remarques diverses.

### § 12. — MOYENNES POUR LES ESSIEUX AVANT ET ARRIÈRE.

La formule suppose que *a*, *b* et *d* ont la même valeur pour les essieux avant et arrière.

En pratique, ils diffèrent; nous prendrons pour ces valeurs les moyennes géométriques des mêmes éléments, à l'avant et à l'arrière, en tenant compte des charges des essieux avant et arrière.

C'est un procédé empirique, mais bien assez voisin de la réalité.

### § 13. — RÉSISTANCE AU MOUVEMENT DE ROULIS.

Nous avons supposé que la résistance au mouvement de roulis, autour d'un axe passant par le centre d'oscillations, était proportionnelle au déplacement angulaire; ce n'est pas rigoureusement exact pour les motifs suivants :

D'abord, les frottements des lames de ressorts retardent un peu le roulis. De plus, les ressorts latéraux, sans ressort transversal arrière, donnent une légère résistance à ce mouvement par suite de l'absence de menottes à anneaux.

Enfin, les amortisseurs progressifs sont très favorables, car ils donnent une résistance au roulis qui va en augmentant à mesure qu'elle est plus utile.

### § 14. — INFLUENCE DE LA MANŒUVRE DE LA DIRECTION.

Nous avons supposé implicitement que la direction reste fixe pendant le virage.

En pratique, un bon conducteur a parfois avantage *à rattraper* un peu le virage trop brusque en augmentant le rayon de courbure, comme nous l'avons dit, quand il sent que l'auto est sur le point de verser. Mais c'est une manœuvre désespérée dont le calcul ne doit pas tenir compte et qui peut être aussi parfois dangereuse, comme nous l'avons montré.

Digitized by Google

La manœuvre contraire est dangereuse aussi; cela va de soi, puisqu'elle augmente la tendance au versement.

### § 15. — INFLUENCE DE $a$.

La formule 13 montre à quel point le centre de gravité doit être abaissé quand on augmente $a$ ou flexion statique des ressorts ; en effet, $a$ entre avec le signe $+$ au numérateur du deuxième terme et avec le signe $-$ à un dénominateur.

### § 16. — INFLUENCE DE $k$.

On voit qu'il y aurait avantage à diminuer $k$ *en surélevant* le centre d'oscillations ; cela permettrait d'augmenter $a$, ce qui aurait un grand avantage, surtout pour les autobus à impériale.

Un premier moyen consiste à employer de grandes roues ; mais, d'autre part, les grandes roues sont lourdes, ce qui surélève le centre de gravité général.

Un deuxième moyen, inédit, consisterait à mettre l'attache des ressorts plus haut que les essieux ; il faudrait mettre sur les essieux une saillie solidaire des essieux, ce qui nécessiterait un guidage des essieux par plaques de garde, comme dans les chemins de fer.

Mais ces moyens ont l'inconvénient de donner lieu à une réaction latérale sur la caisse en T (*fig. 1*) quand la roue B monte sur un obstacle de la route. Cela nécessiterait des attaches élastiques des ressorts ; c'est à étudier.

### § 17. — DIFFICULTÉ DE CONSTRUCTION DES AUTOBUS.

Tout ce qui précède montre l'extrême difficulté de la construction des autobus à impériale quand on veut leur assurer une suspension douce.

Leur charge énorme rend l'emploi des pneumatiques presque impossible ; d'autre part, la formule 13 montre combien il est difficile de leur mettre des ressorts souples si l'on veut leur conserver la faculté indispensable de déraper au lieu de verser dans les virages brusques.

Néanmoins, on peut perfectionner leur suspension secondaire, coussins, plateforme, etc., en la munissant de ressorts souples et amortis par des frottements. On peut mettre des attaches pneu-

Digitized by Google

matiques souples aux ressorts, comme un de nos collègues l'a récemment proposé ; on peut remonter le centre d'oscillations, etc.

Mais ces divers perfectionnements nécessiteront de longues études, car le problème à résoudre est d'une grande difficulté si l'on veut arriver à supprimer les trépidations en conservant un véhicule assez stable.

### § 18. — REMARQUES.

Nous le répétons, nous avons montré la nécessité d'un dérapage protecteur en cas de virage trop brusque, mais il est bien entendu que l'excès de dérapage est un danger plus grand encore.

Nous ne proscrivons donc nullement les antidérapants, pourvu qu'ils ne soient pas disposés de manière à *accrocher* en travers les obstacles de la route. Ils ne s'opposent nullement au dérapage protecteur, car leur coefficient de frottement en travers, sur route sèche, n'est pas plus grand qu'avec les pneumatiques seuls.

## CHAPITRE VI

## Applications pratiques.

### § 19. — APPLICATIONS NUMÉRIQUES.

Prenons le cas d'un autobus dans lequel la voie $b$ est égale à 1,80 m, en tenant compte de la remarque 1 ci-dessus et dans lequel $a = 0{,}10$ m, en tenant compte de la remarque 2.

Supposons que $k = 0{,}80$ m et $d = 0{,}70$ m (en tenant compte de la remarque 1) ; supposons :

$$\frac{P'}{P} = \frac{3}{4}.$$

La formule [12] est :

$$h < \frac{b}{2f} - \frac{P'}{P} \times \frac{k^2 a}{d^2 - ka},$$

ou :

$$h < \frac{1^m 80}{2 \times 0{,}50} - \frac{3}{4} \times \frac{(0{,}80)^2 \times 0{,}1}{(0{,}70)^2 - (0{,}80 \times 0{,}10)},$$

$$h < 1^m 80 - \frac{3}{4} \times \frac{0{,}64 \times 0{,}1}{0{,}49 - 0{,}08},$$

$$h < 1^m 80 - 0{,}12 = 1^m 68 \text{ environ.}$$



Digitized by Google

Il est intéressant de voir de combien est le déplacement horizontal de $c'$ de G′ et le déplacement $c$ de G au moment où l'automobile commence à déraper au lieu de verser.

On a [formule 11] :

$$c' = f\,\frac{k^2a}{d^2 - ka} = 0{,}5\,\frac{k^2a}{d^2 - ka} = 0{,}5 \times \frac{0{,}64 \times 0{,}1}{(0{,}70)^2 - 0{,}80 \times 0{,}1},$$

ou :

$$c' = 0{,}077.$$

D'autre part :

$$c = \frac{P'}{P} \times 0{,}077 = \frac{3}{4} \times 0{,}077 = 0{,}06 \text{ environ.}$$

Ainsi, le déplacement horizontal de G ou 0,06 environ est égal à la moitié de 0,12 ou de la diminution de hauteur nécessaire, ce qu'il fallait trouver pour que la résultante de $\Phi$ et de P continuât à passer par le point de contact de la roue et du sol ; c'est une vérification intéressante.

Ainsi, l'influence de la flexion des ressorts revient à abaisser de 8 cm l'altitude limite du centre de gravité général.

En faisant la même application numérique avec une flexion statique moyenne de 0,2 m au lieu de 0,1 m, on aurait, tout calcul fait :

$$h < 1{,}80 - 0{,}28 = 1{,}52 \text{ m.}$$

On voit donc dans quelle mesure la flexibilité des ressorts diminue la stabilité de l'autobus.

Cette application numérique montre notamment dans quelle mesure il faut abaisser le centre de gravité des autobus, si l'on veut doubler la flexibilité des ressorts en conservant la même stabilité, déjà bien faible trop souvent.

Il faut l'abaisser de 1,68 m à 1,52 m, ou de 16 cm dans l'exemple précédent; c'est une grande difficulté, car il faudrait abaisser l'impériale du triple environ ou 48 cm.

## § 20. — REMARQUES.

Naturellement, la valeur de $h$ ainsi calculée est une limite qu'il ne faut pas atteindre ; d'abord, le coefficient $f = 0{,}50$ est à vérifier expérimentalement en tenant compte des vibrations ; ensuite, il suffit du plus léger obstacle au dérapage latéral pour l'augmenter ; ensuite, notre manière de prendre une moyenne

Digitized by Google

géométrique entre les éléments de l'essieu d'arrière et de celui d'avant n'est qu'une approximation; enfin, il y a des oscillations autour d'un axe vertical que nous avons signalées; il y a donc de nombreux motifs pour ne considérer notre formule que comme une formule de mécanique appliquée et non de mécanique rationnelle.

Il en résulte qu'il faut se tenir en dessous du chiffre de $k$ donné par la formule.

Le mieux est de se baser sur la pratique des automobiles analogues marchant bien; on leur appliquera la formule et on en déduira le coefficient de sécurité qu'il faut adopter en appliquant la formule [7] ci-dessus à d'autres véhicules analogues.

Ce que nous appellerons *coefficient de sécurité*, c'est le rapport $\frac{h_0}{h}$ de l'altitude du centre de gravité général réel à la valeur $h$ de cette altitude résultant de la formule [7] qui donne la *condition de stabilité*. En pratique, ce coefficient $\frac{h_0}{h}$ est peu inférieur à l'unité, ce qui prouve qu'il faut être prudent en conduisant les autobus à impériale.

## Chapitre VII

## Mesure expérimentale de la stabilité des autobus au point de vue du versement.

### § 21. — Nécessité d'un appareil.

La formule [7] est très commode pour comparer entre elles diverses automobiles au point de vue de la stabilité. Mais il faut évaluer l'altitude du centre de gravité général et l'altitude du centre de gravité de la caisse, ce qui nécessite des calculs parfois un peu longs, comme toute évaluation de centre de gravité. De plus, la formule suppose que les flèches des ressorts sont proportionnelles aux charges, ce qui n'est pas le cas des pneumatiques, des tampons de caoutchouc, ni de certains amortisseurs pneumatiques intéressants pour les autobus.

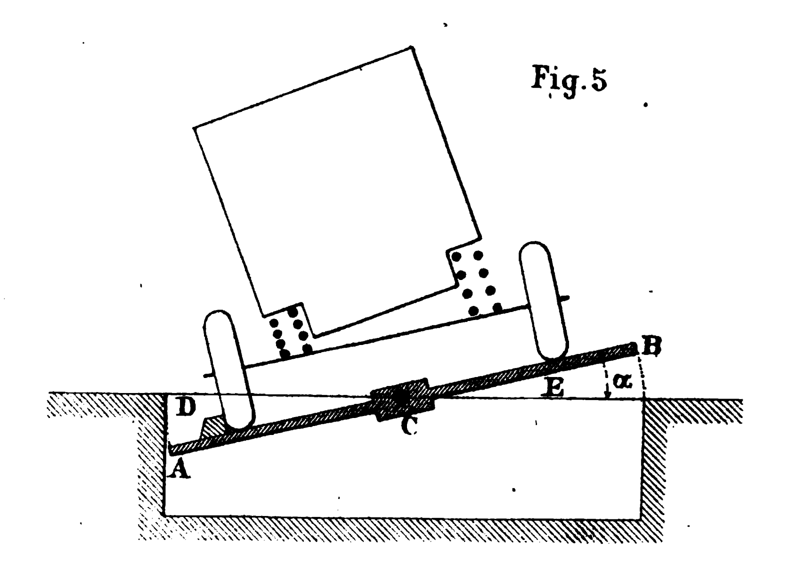
Voici un système que nous proposons pour comparer la stabilité de diverses automobiles de même système, comme des autobus par exemple. Il consiste *à pencher* l'automobile, au repos et en

Digitized by Google

pleine charge, jusqu'à ce que les roues d'arrière d'un côté se détachent du sol; l'angle de déviation correspondant sera la mesure de la stabilité.

### § 22. — DISPOSITION DE L'APPAREIL.

Le procédé consisterait à placer l'automobile sur un plateau AB mobile autour d'un axe horizontal C *(fig. 5)* (la figure représente




l'essieu d'arrière). La rotation du plateau s'obtiendrait à la main, par un mouvement à vis non réversible. L'automobile serait calée par une cale D, pour ne pas glisser; elle serait attachée un peu lâche en E, de telle façon qu'on puisse aisément sentir le moment où la roue quitterait le plateau en E. On mesurerait l'angle $\alpha$ de déviation du plateau en ce moment.

Naturellement, on pourrait répéter l'expérience avec des charges réparties dans les conditions les plus défavorables, comme en ne chargeant l'impériale que d'un seul côté, etc.

Cet appareil peut s'appeler la *balance de stabilité* des automobiles au point de vue des virages.

Digitized by Google

## Chapitre VIII

# Oscillations diverses.

### § 23. — Applications des travaux de l'auteur sur les oscillations du matériel des chemins de fer.

La plupart des calculs et des tracés de dynamique graphique de nos études s'appliquent aux automobiles. En effet, la seule différence entre les chemins de fer et les autos, c'est que les roues des chemins de fer sont guidées par les rails; or, nous avons montré qu'il y a déraillement quand le rapport de la réaction latérale à la charge des roues directrices dépasse un certain chiffre qui résulte de nos calculs; c'est exactement comme pour les autos, sauf que ce rapport est plus fort pour les chemins de fer. Ainsi l'auto dérape quand le chemin de fer déraille et, je le répète, l'ensemble de nos théories s'applique aux autos.

Nous ne pouvons donc que renvoyer le lecteur à nos études antérieures; cependant nous allons attirer l'attention sur un certain nombre d'oscillations étudiées dans nos mémoires, avec adaptation spéciale au cas des autos (1).

### § 24. — Théorie des amortisseurs.

Nous avons donné, dans les *Annales des Mines* de 1905 et 1906, la relation qui doit exister entre les dénivellations périodiques de la voie, la flexibilité des ressorts et le frottement des lames de ces ressorts, pour que ces oscillations soient amorties. Ces recherches, qui datent de 1901, constituent aussi la *théorie des amortisseurs d'automobiles* (2). Elles ont été appliquées par M. le commandant Krebs, qui s'en est servi pour l'établissement de son très intéressant amortisseur progressif (3).

(1) Voir un article de M. Ravigneaux, dans la *Technique automobile* d'avril 1907, qui donne un résumé des études de l'auteur sur les oscillations.

(2) Voir « Les dénivellations de la voie et les oscillations du matériel des chemins de fer » (ouvrage de l'auteur extrait des mémoires couronnés par l'Académie des Sciences). Dunod, 1906.

(3) Voir les « Comptes rendus de l'Académie des Sciences », 8 janvier 1906, et la *Technique automobile* de mars-avril 1906.

Digitized by Google

§ 25. — OSCILLATIONS DE ROULIS DUES AUX DÉNIVELLATIONS DE LA ROUTE.

Lorsque les dénivellations de la route ne se produisent pas simultanément pour les deux roues d'un même essieu, il en résulte un mouvement *de roulis* du véhicule, ou oscillation autour d'un axe horizontal, que nous avons longuement étudiée dans notre ouvrage précité sur « les dénivellations de la voie ». Nous avons donné les conditions de l'amortissement de ces oscillations, leur amplitude, leur durée, etc.

§ 26. — COURBES DE RACCORDEMENT DES VIRAGES.

Dans notre Mémoire des Ingénieurs civils de novembre 1905 nous avons longuement étudié l'influence favorable des courbes qui raccordent l'alignement droit à la courbe circulaire des virages dans les chemins de fer; dans les autos ces courbes existent quand le chauffeur ne fait pas son virage brusquement (1). La grande oscillation d'entrée en courbe et de sortie existe dans les autos, quand le virage est brusque, mais elle est modérée par le dérapage.

§ 27. — VIRAGES EN S.

Dans notre Mémoire des Ingénieurs civils d'avril 1906, nous avons étudié les oscillations qui se produisent quand la voie prend accidentellement une forme de sinusoïde (2). Ces mêmes calculs s'appliquent aux virages en *S* que font les chauffeurs pour dépasser un obstacle, avec atténuation par le dérapage.

§ 28. — OSCILLATIONS DE LACET.

Dans nos deux Mémoires précités des Ingénieurs civils, nous avons étudié une autre oscillation qui a une grande importance pour les autos. C'est une oscillation autour d'un axe vertical passant par le centre de gravité du véhicule et résultant de ce qu ecevéhicule, par son inertie de rotation, résiste à son pas-

(1) Voir *Les oscillations du matériel des chemins de fer à l'entrée en courbe et à la sortie*, ouvrage cité ci-dessus.
(2) Voir *Les grandes vitesses des chemins de fer, les oscillations du matériel et la voie*, ouvrage précité.

Digitized by Google

sage en courbe en cas de virage brusque sans courbe de raccordement (1). Dans ce cas, il se produit, dans les chemins de fer, un puissant effort latéral qui est dangereux au point de vue des déraillements; dans les autos, cet effort latéral donne une autre cause de dérapage, absolument distincte de celle que nous avons étudiée ci-dessus. Si le virage est trop brusque, on comprend que l'adhérence latérale des roues d'avant soit insuffisante pour produire instantanément sa rotation autour de l'axe vertical passant par son centre de gravité; alors l'auto commence par *se refuser* à virer malgré le braquage des roues d'avant. Puis le chauffeur, impatienté de voir ce refus d'obéissance de sa direction, augmente le braquage; alors la rotation se fait peu à peu et dépasse même, en général, celle qui est demandée; en effet, l'inertie de rotation qui s'est d'abord opposée à cette rotation en exagère ensuite l'effet. De là le mouvement bien connu de *queue de poisson*. Cette explication est connue, mais ce qui est nouveau ce sont les calculs de nos mémoires précités qui éclairent ce genre de questions et permettent d'en chiffrer les effets. Ces effets se produisent, non seulement dans les virages, mais aussi en alignement droit, chaque fois qu'on touche à la direction, c'est-à-dire presque tout le temps. En se reportant à nos calculs précités, on constate ce qui suit :

1° Plus le moment d'inertie de l'auto, par rapport à l'axe vertical passant par son centre de gravité est considérable, plus l'auto résiste au virage brusque, et plus l'oscillation en queue de poisson est à craindre; au contraire, plus l'écartement des essieux est grand, moins cet effet existe. Donc les caisses en porte à faux derrière l'essieu arrière sont mauvaises, comme on l'a dit souvent.

2° Notre formule du présent mémoire montre que la stabilité de roulis, dans les virages, est d'autant mieux assurée que le centre de gravité général est plus bas.

Y a-t-il d'autres conditions qui fassent qu'il y ait un *inconvénient* à mettre le centre de gravité trop bas?

Les observations de M. Aspinall, Ingénieur anglais bien connu, et les études de M. Herdner et les nôtres, montrent que la grande altitude du centre de gravité des locomotives a des avantages pour la stabilité, à condition, bien entendu, qu'elle ne dépasse

(1) Voir *Les oscillations du matériel des chemins de fer à l'entrée en courbe et à la sortie*, chap. V. — Voir aussi *Les grandes vitesses des chemins de fer, les oscillations du matériel et la voie*, chap. III.

Digitized by Google

pas une limite fixée par nos calculs. Trouve-t-on dans les automobiles quelque chose d'équivalent?

On a prétendu, précisément, que la position du centre de gravité *extrêmement basse* augmente la tendance à l'oscillation de queue de poisson, dans certaines voitures de courses récentes. Peut-être allons-nous trouver l'explication de ce fait dans les considérations et les calculs de l'oscillation qui nous occupe dans ce paragraphe.

En effet, quand le centre de gravité du poids supendu est situé sensiblement au-dessus du centre d'oscillations, alors, en cas de virage brusque, le poids suspendu tourne un peu autour du centre d'oscillation, ce qui permet aux roues de suivre leur direction, sans que la caisse suive immédiatement les roues d'avant. Alors ce sont les ressorts de suspension qui donnent, en quelque sorte, une certaine élasticité latérale permettant de *limiter* l'effort latéral des roues d'avant sur le sol.

On peut donc dire, en résumé, que le dérapage est une soupape de sûreté du versement, et que, d'autre part, l'altitude élevée du centre de gravité est une soupape de sûreté du mouvement de queue de poisson.

Il en résulterait donc que le centre de gravité doit être très bas, mais cependant *sans exagération*.

Nous ne donnons ici qu'un commencement de théorie de l'influence du centre de gravité bas; ce point est à revoir expérimentalement et théoriquement. Mais il a une extrême importance, car on sait que les accidents par excès de dérapage sont très nombreux.

Je rappelle ici que M. Arnoux a étudié, dans sa conférence, les conditions les plus avantageuses de l'angle à choisir pour le braquage, afin de ramener l'auto le mieux possible dans sa bonne direction. Nous prions le lecteur de se reporter à sa très importante étude.

## § 29. — OSCILLATIONS ET VIBRATIONS DUES AU MOTEUR.

Dans la dernière série de nos Mémoires (*Revue générale des Chemins de fer*, de 1907), nous avons étudié les oscillations dues aux mouvements parasites des locomotives (forces centrifuges et inertie des pièces oscillantes non équilibrées, action de la va-

Digitized by Google

peur, etc.) (1). Nous avons montré que les théories existantes n'étaient pas exactes, parce qu'elles ne tenaient compte ni de la *résonance* des oscillations successives, ni des *amortissements* par les frottements. On n'a jamais étudié que la première oscillation et non pas les oscillations successives, qui sont celles de la pratique elle-même. Nous avons donné une théorie nouvelle de ces oscillations en tenant compte de la résonance et de l'amortissement.

Notre théorie s'applique aux automobiles avec les légères modifications suivantes :

1° Les quatre cylindres des automobiles sont mieux équilibrés que ceux des locomotives, comme tout le monde le sait, et comme nous le rappelons dans les travaux précités ;

2° Les cylindres des automobiles sont verticaux au lieu d'être horizontaux ; il en résulte que les réactions sur les glissières sont horizontales, au lieu d'être verticales ; ces réactions *ne sont pas équilibrées*, aussi bien les composantes de l'action motrice que les composantes des forces d'inertie. Il en résulte des oscillations amorties par les frottements des lames de ressorts des autos, les chocs et les frottements de toutes sortes, comme nos calculs relatifs aux locomotives le montrent.

En dehors des oscillations proprement dites, il existe des vibrations des pièces du moteur et de toutes les machines en général, dues notamment à la résonance des impulsions des forces centrifuges et d'inertie de ces pièces. La transmission du travail moteur donne lieu à des pressions des organes, les uns sur les autres, proportionnelles au travail transmis ; ces pressions éteignent ces vibrations comme dans le cas d'un diapason dont on touche avec le doigt les extrémités. Ces vibrations se propagent alors dans tout le moteur et lui donnent une sorte de frémissement général insensible et amorti par les chocs, les frottements des pièces les unes sur les autres et les frottements internes des métaux ; cette énergie est transformée en chaleur. Ces pièces vibrantes doivent être à la fois légères et plus résistantes que ce qui correspond à la transmission des efforts purement statiques ; ce supplément de résistance ne peut s'évaluer qu'empiriquement, en attendant une théorie exacte de ce genre de vi-

(1) Voir *Les oscillations du matériel dues au matériel lui-même et les grandes vitesses des chemins de fer.* (Mémoire extrait des travaux de l'auteur couronnés par l'Académie des Sciences.) Dunod 1907

Digitized by Google

brations. On peut expliquer d'une manière un peu analogue l'amortissement des vibrations des ponts métalliques au passage des trains.

§ 30. — OSCILLATIONS DE GALOP DUES AUX FREINS.

Dans notre mémoire précité de la *Revue générale des Chemins de fer*, nous avons étudié les oscillations de galop dues à l'action brutale des freins.

Ces calculs s'appliquent aux autos; il en résulte une sorte de plongeon en avant qui n'aurait de gravité que si le centre de gravité était très élevé et si les essieux étaient très rapprochés, ce qui n'est pas le cas des automobiles de construction moderne.

Nous ne parlons pas ici des dérapages dus à l'action des freins, soit sur une route avec dévers, soit sur une route plane. Il se produit là des dérapages très dangereux, et même des tête-à-queue (tours de valse) que M. Arnoux a étudiés dans sa conférence, à laquelle le lecteur voudra bien se reporter.

Ces phénomènes curieux ne rentrent pas dans nos études sur les oscillations du matériel des chemins de fer. On pourrait cependant trouver une certaine analogie avec l'oscillation de conicité des bandages que nous avons étudiée dans le mémoire précité.

M. Arnoux nous en a donné une explication qui rappelle le principe de la moindre action en mécanique ou un principe analogue, suivant lequel la nature recherche les conditions du travail moteur maximum et du travail résistant minimum, ou *principe de la plus grande paresse*, comme l'a nommé M. Soreau, notre distingué Collègue.

§ 31. — OSCILLATIONS DES ROUES SOUS LES RESSORTS ET ROUES ÉLASTIQUES.

Dans un de nos derniers mémoires précités (1), nous avons étudié le saut brusque de la roue au passage d'un obstacle isolé; nous avons calculé ces effets sous le nom d' « oscillations des roues sous les ressorts ». Nous avons montré comment ces effets sont beaucoup plus puissants pour les automobiles que pour les chemins de fer, naturellement, à cause des obstacles qui sont bien plus grands.

(1) Voir notre mémoire précité: *Les oscillations du matériel dues au matériel lui-même* (2e partie, chapitre V, § 34 à 41).

Digitized by Google

Cette théorie montre l'utilité des pneumatiques des automobiles; elle nous a conduit à l'étude des roues élastiques de ces véhicules et montre quelle est la nature exacte de la difficulté qu'on rencontre en cherchant à les construire.

### § 32. — REMARQUES DIVERSES.

On pourrait multiplier les citations des analogies avec nos études sur les chemins de fer, mais le mieux est de se reporter à ces études elles-mêmes.

## CHAPITRE IX

## Conclusions.

### § 33. — THÉORIE A COMPLÉTER.

Il est essentiel de remarquer que la théorie du présent mémoire ne donne que la condition que doit remplir l'automobile pour qu'elle dérape toujours au lieu de verser, dans les virages trop brusques. Mais elle n'étudie nullement *la suite* du dérapage ou les diverses oscillations autour d'un axe vertical avec translation de cet axe, quand le dérapage a commencé, et qui rentrent dans les études de M. Arnoux.

M. Arnoux a étudié, dans sa communication, un grand nombre des phénomènes de rotation autour d'un axe vertical; il y en a d'autres; il existe des dérapages moteurs, avec action du différentiel, dont l'étude théorique complète serait très difficile (1).

Notre étude ne donne donc qu'une partie de la théorie des oscillations des automobiles et de leur dérapage ; il est à espérer que M. Arnoux lui-même et d'autres Ingénieurs nous apporteront de nouvelles expériences, de nouvelles explications des faits observés, qui permettront un jour à quelqu'un d'édifier une théorie complète de ces questions difficiles.

Ce n'est qu'à ce moment qu'on pourra baser complètement les règles de la construction des automobiles sur la théorie.

Mais les problèmes que nous avons traités donnent cependant

(1) Voir les très intéressantes études sur le dérapage de M. Résal (*Génie Civil* d'octobre 1903) et de M. C. Bourlet (2e Congrès international de l'automobilisme de juin 1903).

Digitized by Google

déjà des indications utiles, à notre avis, sur la construction des automobiles et sur leur conduite. La très intéressante communication de M. Arnoux jette une vive lumière sur un grand nombre d'effets du dérapage et sera d'une grande utilité.

### § 34. — PROGRÈS A RÉALISER PAR LES AUTOBUS.

Nous avons fait ressortir la grande difficulté du problème de la construction des autobus à la fois stables et munis d'une suspension assez douce.

Nous n'avons pas parlé des progrès à réaliser pour les bandages élastiques de ces autobus, question primordiale, mais qui sort du cadre de cette étude.

Il résulte de tout cela que de grands progrès sont à réaliser, pour les autobus à impériale, mais qu'ils demanderont encore de longues études.

Il serait donc fâcheux, à notre avis, de fixer, dès à présent, *ne varietur*, le type définitif de ces véhicules, pour une grande ville, sous peine d'avoir, d'ici à quelques années, des autobus démodés et inférieurs à ceux de l'étranger. Il est surtout nécessaire, à notre avis, d'éviter les trop grosses voitures qui sont un danger permanent pour la circulation.

Enfin, nous le répétons, les autobus à impériale demandent encore plus de prudence, dans leur conduite, que les automobiles ordinaires.

## Complément.

Nous avons pensé qu'il était intéressant de donner ici quelques chiffres relatifs aux expériences mémorables du capitaine Douglas Galton sur les freins continus, et de faire la comparaison avec les automobiles.

On a trouvé, pour le coefficient d'adhérence des roues sur les rails, 0,25, chiffre indépendant de la vitesse, par rail sec ou très mouillé.

On a trouvé que le coefficient de frottement des *roues enrayées* glissant sur le rail est de 0,25 à 10 km à l'heure et de 0,03 *seulement* à 100 km à l'heure. M. Arnoux a trouvé, au contraire, que ce chiffre ne diminue pas avec la vitesse pour les automobiles,

Digitized by Google

parce que le caoutchouc, en s'usant, ne se polit pas ; cela se conçoit parfaitement.

On a trouvé que le coefficient de frottement des sabots sur les roues était de 0,27 à 10 km à l'heure et de 0,07 à 100 km à l'heure.

Enfin on a trouvé que par rail gras, il faut réduire de 1/3 environ les chiffres qui précèdent. M. Arnoux a montré que, pour les pneumatiques, la réduction est incomparablement plus forte, soit de 80 à 90 0/0 ; cela se conçoit, car M. Arnoux parle alors d'une route *argileuse grasse ;* or ce qu'on appelle un rail gras est un rail légèrement mouillé par le brouillard et non pas par un rail argileux.

---

Digitized by Google

# TABLE DES MATIÈRES



Digitized by Google

---

Digitized by Google

# LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL (1)

PAR

M. P. JANET

---

Monsieur le Président de la République,

Messieurs,

Il y a huit ans environ, j'avais l'honneur d'exposer devant vous les principes sur lesquels repose la transmission électrique à distance des signaux sans conducteur interposé, ou, comme on l'a appelée, la Télégraphie sans fil (2).

Cette application de l'électricité, une des plus belles, sans contredit, que nous offrent ces vingt dernières années, en était encore à ses débuts : sauf l'antenne de Marconi, les appareils avaient encore presque la même forme que celle sous laquelle ils étaient sortis des laboratoires ; les distances franchies, qui paraissaient alors très considérables, ne dépassaient pas 25 km, et encore, à cette distance, les signaux transmis étaient-ils bien précaires; on ne connaissait aucun moyen d'empêcher les différentes stations de se gêner les unes les autres, ou de surprendre les communications des stations voisines; l'empirisme jouait le plus grand rôle et les constructeurs s'attachaient plutôt aux perfectionnements des détails qu'à la recherche des principes.

Cependant, déjà à cette époque, on entrevoyait dans quel sens auraient lieu les progrès futurs; et, s'il m'était permis de rappeler, pour servir d'introduction à cette conférence, les conclusions de celle d'il y a huit ans, je citerais la phrase par laquelle je terminais : « Il y aurait deux moyens, disais-je alors, d'éviter ces inconvénients : ou bien savoir réaliser des faisceaux parallèles d'ondes électriques se propageant en ligne droite comme les faisceaux lumineux employés en télégraphie optique ; ou

(1) Communication faite dans la séance du 7 juin 1907, présidée par M. le Président de la République. Voir Procès-verbal de la séance du 7 juin 1907.

(2) Voir Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils, février 1899.

Digitized by Google

savoir accorder le récepteur exactement à l'unisson avec le transmetteur, de façon qu'il ne fonctionne que sous l'action d'ondes d'une période bien déterminée, celles qui sont émises par le transmetteur. Je n'ai pas besoin de dire que l'étude de ces problèmes difficiles est à peine abordée. »

De ces deux problèmes, le premier, celui de la direction des ondes électriques, n'a fait que peu de progrès, et, bien que des tentatives intéressantes aient été dirigées dans ce sens, nous n'en parlerons pas ici.

Au contraire, le problème de l'accord, ou, comme on l'a appelé, de la syntonie entre la station de transmission et la station de réception a été abordé et en partie résolu avec le plus grand succès. On peut dire que la plupart des progrès réalisés depuis huit ans en télégraphie sans fil reposent sur ces idées de syntonie, d'accord ou de résonance, non seulement entre la station de départ et la station d'arrivée, mais encore entre les diverses parties du poste transmetteur, d'une part, et les diverses parties du poste récepteur, de l'autre.

Cet accord présente une multitude d'avantages : grâce à lui, l'énergie est mieux utilisée, aussi bien au départ qu'à l'arrivée; pour une puissance donnée, les ondes envoyées dans l'espace sont plus énergiques; pour une même puissance reçue, l'organe récepteur peut être moins sensible, ce qui est un grand avantage si l'on veut éviter les perturbations accidentelles dues aux troubles atmosphériques; enfin l'avantage principal, celui que les inventeurs ont eu en vue dès l'origine est que deux stations rigoureusement accordées entre elles pourront correspondre sans gêner les stations voisines accordées sur une autre note électrique et sans être gênées par elles : par exemple, les grandes stations à longue portée peuvent aujourd'hui fonctionner sans troubler les stations voisines plus faibles qu'elles.

C'est donc ce point de vue de l'accord ou de la syntonie que nous nous proposons surtout de mettre en lumière dans cette conférence.

Nous laisserons de côté tous les détails de disposition intérieure des appareils, détails innombrables, à l'heure actuelle, et dont quelques-uns offrent d'ailleurs un très vif intérêt, mais qui retarderaient notre exposé, et nous chercherons seulement à dégager les idées essentielles qui ont influé sur le développement et les progrès de la télégraphie sans fil; au reste, la télégraphie sans fil n'est déjà plus une nouveauté, elle date de plus de dix



Digitized by Google

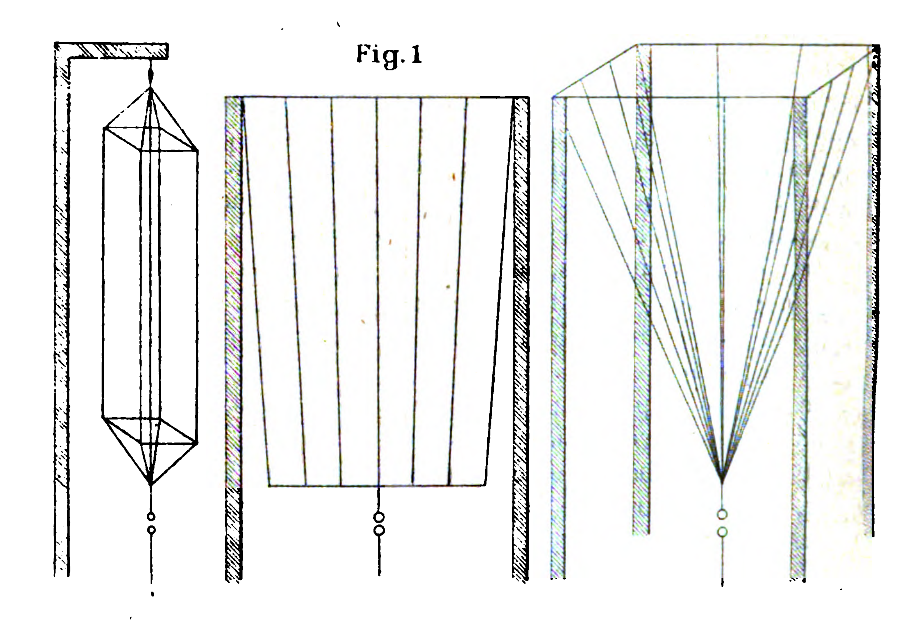


Fig. 1

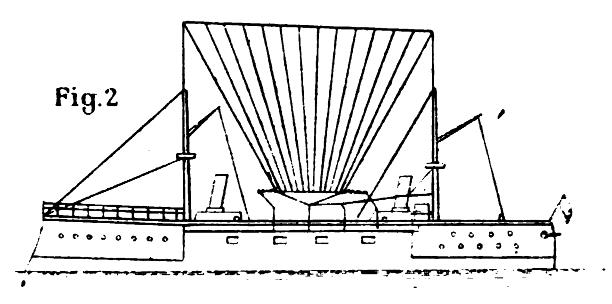


Fig. 2

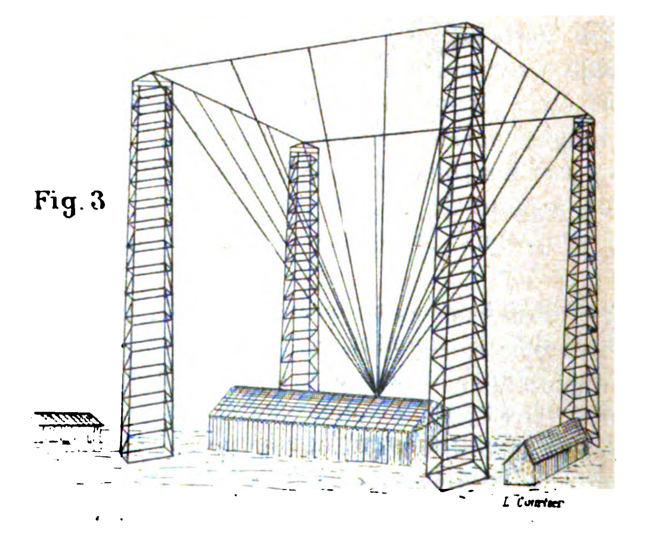
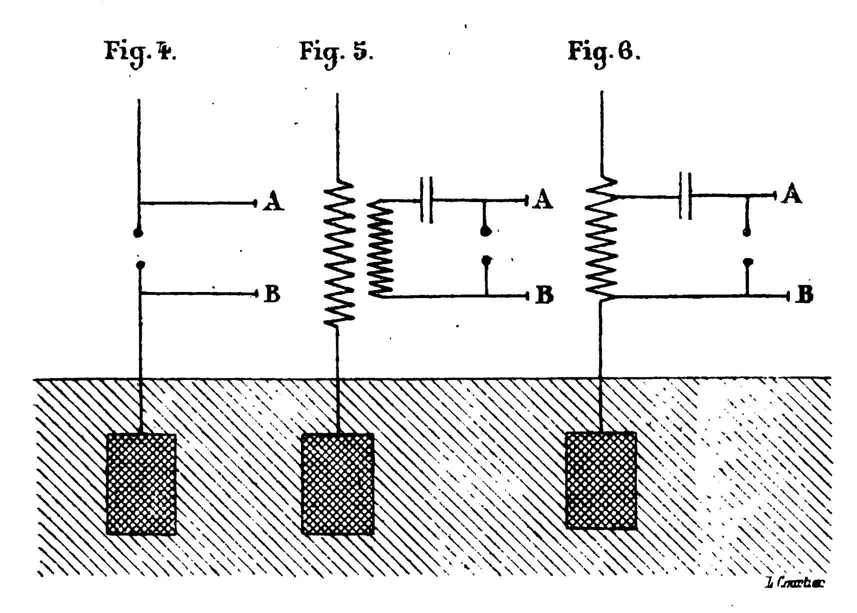


Fig. 3



Digitized by Google

ans et nous pouvons, je crois, supposer connus bien des faits qui sont aujourd'hui du domaine courant. Tout le monde sait que la télégraphie sans fil est fondée sur l'emploi des ondes électriques ou ondes hertziennes, que ces ondes sont analogues à la lumière, mais invisibles, qu'elles se propagent avec la même vitesse qu'elle, c'est-à-dire à la vitesse de 300 000 km par seconde, mais qu'elles vibrent beaucoup plus lentement que les ondes lumineuses, que, par conséquent, leur longueur d'onde ou espace parcouru pendant la durée d'une vibration, est beaucoup plus grande que les longueurs d'ondes lumineuses (quelques dix-millèmes de millimètre pour la lumière, plusieurs centaines de mètres pour les ondes électriques). Ces quelques notions seront suffisantes pour l'intelligence de ce qui va suivre.




Rappelons d'abord sommairement en quoi consiste un poste transmetteur de télégraphie sans fil : un tel poste se compose essentiellement d'une longue tige verticale, portant le nom d'antenne, et d'un système plus ou moins complexe, placé à la base de l'antenne, que nous nommerons le système excitateur. Le système excitateur sert à produire des oscillations électriques par l'intermédiaire de phénomènes bien connus aujourd'hui, dans lesquels l'étincelle ou décharge électrique joue le principal rôle ; d'où le nom de télégraphie par étincelle, employé quelque fois pour désigner les phénomènes qui nous occupent. L'antenne

Digitized by Google

peut avoir des formes extrêmement variées : les figures 1, 2 et 3 représentent quelques-unes des formes les plus employées à l'heure actuelle.

L'antenne peut être attaquée directement par une décharge oscillante *(fig. 4)*, ou indirectement, par couplage avec un circuit oscillant; ce couplage lui-même peut être inductif *(fig. 5)* ou direct *(fig. 6)*; il peut être lâche ou serré suivant que le circuit inductif et l'antenne agissent plus ou moins étroitement l'un sur l'autre. Dans toutes ces figures, A et B représentent les pôles d'une source à haute tension continue ou alternative.

De la même manière, un poste récepteur se compose d'une antenne identique à celle du poste transmetteur et d'un système récepteur contenant l'organe sensible aux oscillations électriques : ces organes sont extrêmement variés aujourd'hui ; les trois plus employés sont : le cohéreur de M. Branly, le détecteur électrolytique du capitaine Ferrié, le détecteur magnétique de Marconi.

Nous faisons fonctionner ici un poste de télégraphie sans fil; le poste transmetteur fonctionne par attaque directe (1); au poste récepteur nous pouvons utiliser les signaux reçus, soit à faire fonctionner un télégraphe Morse, soit, par l'intermédiaire d'un relais, à produire un effet quelconque (allumage d'un tableau de lampes).

Reprenons maintenant avec quelques détails le poste transmetteur : le point que je désire mettre en évidence maintenant est l'analogie profonde et inattendue qui existe entre une antenne transmettrice et un tuyau sonore; cette analogie qui s'est révélée d'abord par les travaux mathématiques publiés à ce sujet, est si étroite, elle se poursuit si loin, que c'est elle, on peut le dire, qui guide actuellement tous les praticiens de la télégraphie sans fil.

Un tuyau sonore, on le sait, se compose de deux parties : l'embouchure, qui produit le son, et le tuyau proprement dit, qui le renforce; l'antenne est l'analogue du tuyau, et ce que nous avons appelé le système excitateur est l'analogue de l'embouchure.

Par quoi se manifeste cette analogie ? Un tuyau sonore est le siège d'un phénomène remarquable connu sous le nom de phénomène des ondes stationnaires. En certains points du tuyau, équidistants, séparés les uns des autres par des longueurs constantes d'une demi-longueur d'onde, l'air reste immobile; il

(1) L'attaque directe est tout à fait abandonnée aujourd'hui pour les distances un peu considérables.

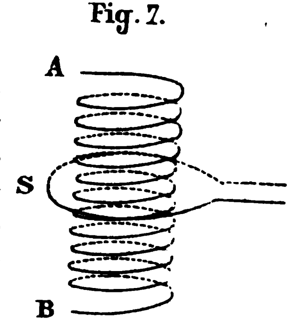
Digitized by Google

semble échapper à la vibration générale, mais, en revanche, les variations périodiques de pression y ont leurs maxima; de tels points portent le nom de nœuds de vibration; les points, au contraire, qui s'intercalent régulièrement entre les précédents, et qui par suite en sont séparés par des distances égales à un quart de longueur d'onde, sont caractérisés par un mouvement maximum de l'air et une variation nulle de pression. Ces points s'appellent des ventres de vibrations.

Nous mettrons en évidence ces nœuds et ces ventres au moyen d'une expérience extrêmement ingénieuse due au professeur Rubens. Un long tube de laiton horizontal, fermé à une extrémité par une paroi fixe et à l'autre par une membrane, reçoit par deux tubulures un courant de gaz d'éclairage; ce gaz s'échappe par un très grand nombre de petits trous, percés le long d'une génératrice du cylindre et forme ainsi une centaine de petites flammes de 1 cm de hauteur environ. Si devant la membrane on place une source sonore quelconque, un tuyau, par exemple, on voit immédiatement les flammes devenir régulièrement inégales : en face des nœuds elles prennent une hauteur maximum; en face des ventres, au contraire, elles restent peu visibles.

Ces propriétés rappelées, nous allons réaliser des phénomènes exactement analogues au moyen des oscillations électriques.

Fig. 7.




Prenons (*fig.* 7) une longue bobine verticale AB, et attaquons-la au milieu par une spire S parcourue par une succession de décharges oscillatoires; si la période de ces oscillations est convenablement choisie, la bobine AB se met à vibrer électriquement, et est analogue à un tuyau fermé aux deux bouts (1) : si nous assimilons la tension électrique à la condensation de l'air dans les tuyaux sonores, nous trouverons qu'il y a un maximum de tension aux deux extrémités A et B de la bobine; et un minimum au milieu; ces faits pourront être mis simplement en évidence au moyen d'un tube de Giessler promené le long de la bobine AB : ce tube s'illuminera dans le

(1) Ceci est évident, puisque le circuit électrique AB est *ouvert* aux deux extrémités; ce n'est pas la première fois que le mot *ouvert* en électricité est l'analogue du mot *fermé* dans le langage courant : un interrupteur *ouvert* pour un électricien est l'analogue d'un robinet *fermé* pour un gazier.

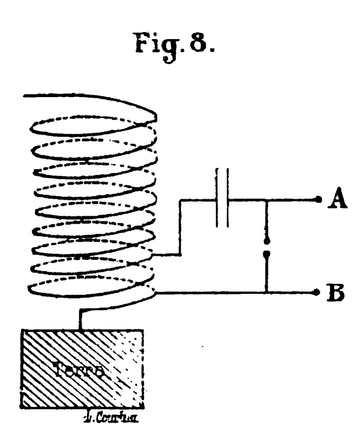
Digitized by Google

voisinage de A et de B et restera sombre dans le voisinage de S.

On peut varier l'expérience en doublant (par des procédés électriques connus) (1) la fréquence des oscillations qui passent dans la spire S, et en attaquant la bobine AB au moyen de la spire S, non plus à la moitié, mais au quart : on obtient alors trois maxima de tension, un à chaque extrémité et un au milieu, et deux minima situés l'un au quart, l'autre aux trois quarts de la bobine. Nous mettrons encore en évidence ces phénomènes au moyen d'un tube à vide qui s'illumine en face des maxima de la tension.

Enfin, nous pouvons nous rapprocher encore plus de la réalité et reproduire exactement les phénomènes qui se passent dans une antenne de télégraphie sans fil, en prenant un grand solénoïde analogue au précédent et en l'excitant par couplage direct à sa partie inférieure *(fig. 8)* : si les conditions de l'expérience sont bien choisies, nous trouvons un maximum de tension à la partie supérieure du solénoïde et un minimum nul à la partie inférieure : nous sommes exactement dans les mêmes conditions que pour un tuyau fermé ; nous pouvons même aller plus loin et étudier la répartition de l'intensité dans le solénoïde en intercalant quelques lampes à incandescence sur le circuit : nous trouvons ainsi que les lampes placées à la base du solénoïde s'illuminent et que celles qui sont placées au sommet restent obscures : ainsi l'intensité est maxima aux points où la tension est nulle et réciproquement.

Fig. 8.




Toutes ces circonstances se retrouvent dans le tuyau sonore, si on assimile l'intensité du courant à la vitesse des molécules vibrantes et la tension électrique à la condensation de l'air : nous avons rappelé, en effet, que dans un tuyau la vitesse des molécules est maxima aux points où la condensation est nulle et réciproquement.

(1) Dans l'expérience faite, on se servait comme condensateur, dans le premier cas, de deux bouteilles de Leyde en parallèle ; dans le second, des deux mêmes bouteilles en série ; on sait que, dans ces conditions, la capacité est divisée par 4, et, comme la fréquence des oscillations est proportionnelle à la racine carrée de la capacité, cette fréquence est bien réduite, comme nous le désirons dans le rapport de 2 à 1.

Digitized by Google

Il résulte de ce qui précède que, lorsqu'une antenne est le siège d'oscillations électriques, la distance du sommet au pied de cette antenne est égale au quart d'une longueur d'onde, ce qu'on exprime en abrégé en disant que l'antenne vibre en quart d'onde : ainsi une antenne simple de 50 m de hauteur engendre des ondes de 400 m de longueur (1); ces ondes rayonnent symétriquement dans tout l'espace autour du point de départ; on conçoit donc qu'il faille dépenser une puissance considérable pour que quelque parcelle de cette puissance vienne impressionner l'appareil récepteur.

Afin d'aller plus loin dans l'étude des procédés qui sont mis en

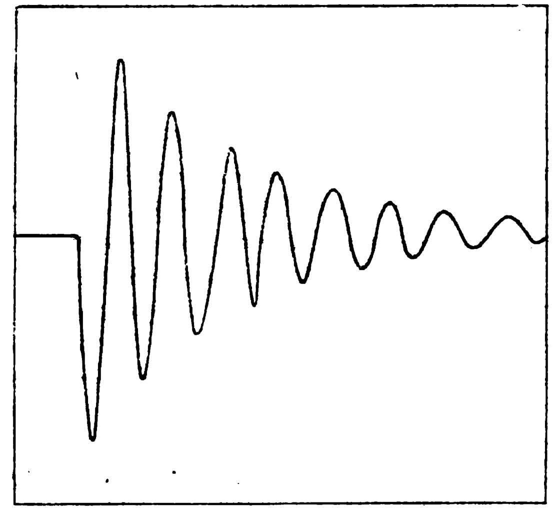


Fig. 9

usage pour exciter, dans l'antenne d'émission, les oscillations électriques énergiques dont nous avons besoin, nous devrons rappeler quelques propriétés des oscillations électriques, ou plutôt des mouvements oscillatoires en général.

La figure 9 représente l'intensité du courant de décharge d'un condensateur, obtenu directement au moyen de l'oscillographe de M. Blondel. On voit que ce courant est nettement oscillatoire ; il est caractérisé par une certaine période et un certain amortissement, c'est-à-dire une certaine décroissance régulière

(1) Ceci suppose évidemment qu'on n'a pas introduit de self-induction supplémentaire dans le circuit de l'antenne.

Digitized by Google

des oscillations. Arrêtons-nous un instant à cette notion de l'amortissement, qui est de la plus grande importance dans la télégraphie sans fil.

Tout amortissement, c'est-à-dire tout décroissement d'oscillation est dû à une perte d'énergie du système oscillant; il semble qu'en énonçant ce fait nous fassions une véritable tautologie; mais, bien au contraire, cet énoncé deviendra des plus instructifs si nous analysons soigneusement les différentes causes possibles de dissipation d'énergie d'un système oscillant : prenons un diapason vibrant; nous pouvons amortir ses oscillations de deux manières : ou en les étouffant à la main, ou en mettant le diapason en relation avec une caisse de résonance; dans le premier cas, l'amortissement se fait en pure perte; dans le second, il se fait d'une manière utile, puisque la puissance du son qui, par rayonnement, arrive jusqu'à notre oreille s'en trouve augmentée.

Les deux points de vue se retrouvent dans les oscillations électriques : la résistance de l'étincelle, des conducteurs, des plaques de terre sont des causes nuisibles d'amortissement; le rayonnement électrique de l'antenne est une cause utile d'amortissement : d'où cette règle, donnée par M. le lieutenant de vaisseau Tissot, dont on connaît les beaux travaux en télégraphie sans fil :

« La meilleure antenne sera celle dont l'amortissement est le plus fort. Le meilleur poste sera celui dont l'amortissement est le plus faible. »

D'où encore la supériorité d'un poste donné établi à bord, sur le même poste établi à terre, la coque métallique d'un bâtiment offrant avec la mer une communication excellente et donnant, par conséquent, un amortissement très faible.

Nous pouvons maintenant aborder l'étude des notions de résonance ou d'accord dans la télégraphie sans fil et comprendre l'importance du rôle que jouent aujourd'hui ces notions.

En somme, dans un système moderne de télégraphie sans fil, nous trouvons en présence quatre systèmes oscillants : le système producteur des oscillations, l'antenne d'émission, l'antenne de réception et le système récepteur des oscillations; on s'attache aujourd'hui autant que possible à accorder ou, comme on dit, à syntoniser ces différentes parties les unes avec les autres.

Procédons encore par analogie mécanique; voici un lourd pendule qui bat à peu près la seconde; un peu au-dessous de son

Digitized by Google

axe de suspension est fixée une tige horizontale qui porte elle-même deux pendules plus légers, l'un réglé exactement à la même période d'oscillation que le pendule principal, l'autre quelconque. Si nous faisons osciller le grand pendule, nous observons que les deux autres sont entraînés; mais, tandis que les oscillations du petit pendule restent toujours très restreintes, celles du grand augmentent de plus en plus jusqu'à prendre une amplitude très considérable. Nous trouvons là le germe du principe si fécond de la résonance : lorsque sur un système vibrant on fait agir une cause extérieure ayant même période de vibration que lui, les oscillations du système donné s'amplifient de plus en plus jusqu'à une valeur qui n'est limitée que par l'amortissement.

Nous pouvons, en acoustique, répéter une expérience analogue : au-dessus d'une éprouvette cylindrique contenant de l'eau, plaçons un diapason vibrant : nous trouverons, en faisant varier le niveau de l'eau, une certaine position pour laquelle le son est considérablement renforcé : cette position est celle pour laquelle la période de vibration de l'air contenu dans l'éprouvette est la même que celle du diapason : l'analogie avec l'expérience du pendule est évidente.

Les mêmes faits peuvent enfin s'observer quand il s'agit d'oscillations électriques. Nous allons le montrer au moyen d'une expérience que j'ai réalisée pour la première fois sous une forme à peu près équivalente en 1892, c'est-à-dire à une époque où l'on ne songeait pas encore à la télégraphie sans fil (1).

En présence d'un circuit oscillant, disposons un second circuit semblable, doué de capacité réglable et de self-induction : sur ce circuit est disposée une lampe à incandescence; nous observons que, pour une valeur bien déterminée de la capacité, l'éclat de la lampe passe par un maximum très net : à ce moment, la période propre de vibration du circuit secondaire est égale à celle du circuit primaire; il est clair que si l'on connait l'une on en déduira l'autre; c'est là le principe des appareils actuellement connus sous le nom d'ondamètres, qui permettent de déterminer les périodes et, par suite, les longueurs d'ondes employées en télégraphie sans fil.

Une autre expérience intéressante de résonance nous est offerte par un appareil emprunté à l'électricité médicale, le résonateur

(1) *Journal de physique*, 3e série, tome I, page 375. Nous reproduisons cette note en appendice.

Digitized by Google

du docteur Oudin (1), qui a été transporté presque tel quel à la télégraphie sans fil et a donné naissance à ce que nous avons appelé l'attaque de l'antenne par couplage direct.

Un long solénoïde est partagé en deux parties inégales par un contact variable : dans la partie inférieure, on fait passer des décharges oscillatoires dont on peut régler la fréquence en faisant varier le point de contact : lorsque cette fréquence devient égale à la fréquence propre du solénoïde, un phénomène de résonance se produit avec maximum très considérable de tension à la partie supérieure : c'est l'expérience de la vibration en quart d'onde d'une antenne d'émission. On conçoit avec quel soin les sommets des antennes doivent être isolés pour que les isolateurs résistent à ces tensions élevées.

Le principe de la résonance électrique étant ainsi établi, nous devons pousser l'étude un peu plus loin pour nous rendre compte du parti qu'on en a tiré et qu'on peut en attendre encore.

Si l'on y réfléchit, le principe de la résonance nous fournit un moyen perfectionné, scientifique pour ainsi dire, de faire entrer un corps en vibration ; mais il est clair que ce n'est pas le seul : un choc, une attaque brusque produisent, en apparence au moins, le même résultat. Or on conçoit que tous les intermédiaires existent entre un choc brusque, et une attaque systématique par vibrations régulières. Si l'oscillation excitatrice est très fortement amortie, si elle se réduit, par exemple, à deux à trois alternances très rapidement décroissantes, elle se comportera comme un choc, et par suite pourra exciter des oscillations non seulement dans un circuit accordé, mais encore dans un circuit quelconque ; il y aura résonance multiple ; cette remarque capitale est due à M. Henri Poincaré qui l'a faite dès 1890 pour expliquer les expériences de résonance multiple de MM. Sarrazin et de la Rive.

Si l'oscillation excitatrice est moins amortie, elle excitera un système accordé avec elle beaucoup mieux qu'un système quelconque, tout en excitant encore les autres.

Enfin, si elle n'est plus amortie du tout, c'est-à-dire si elle est constituée par une oscillation régulière, d'amplitude constante, elle excitera très fortement le système accordé avec elle, et à peine les autres.

(1) Voir en particulier, à ce sujet, la communication de M. Rochefort, Bulletin de la Société des Ingénieurs civils, février 1901.

Digitized by Google

En d'autres termes, la résonance sera d'autant plus précise que le système excitateur sera moins amorti (1).

C'est pour cela que dans tous les systèmes modernes on s'est attaché autant que possible à réduire l'amortissement, ou tout au moins sa partie nuisible, et l'on a fait à ce point de vue de grands progrès depuis l'antenne simple du début.

Si l'on veut aller plus loin, c'est le problème des oscillations entretenues qui se pose : le même problème peut se poser et a été résolu en acoustique par les musiciens : l'oscillation d'une corde de piano frappée par le marteau est une oscillation amortie ; celle d'une corde de violon attaquée par l'archet est une oscillation entretenue.

Le problème des oscillations électriques entretenues a été résolu en 1901 par Duddell, au moyen de l'arc chantant. Si sur un arc électrique on met en dérivation un circuit auxiliaire comprenant un condensateur et une bobine, on peut obtenir des oscillations de période moyenne qui se manifestent par des sons musicaux ; il suffirait d'augmenter la fréquence de ces oscillations tout en leur donnant une grande énergie pour obtenir des ondes éminemment propres à la télégraphie sans fil et en particulier à la syntonisation.

Dès 1902, M. le lieutenant de Valbreuze, dans un mémoire adressé à M. le Ministre de la Guerre et que j'ai eu entre les mains, proposait d'employer dans ce but l'arc au mercure, dont la lumière singulière, et d'ailleurs fort peu agréable quand elle est seule, est si remarquée aujourd'hui; cette idée a été reprise depuis par d'autres expérimentateurs: elle a donné des résultats très nets, mais qui jusqu'ici ne sont pas passés dans la pratique (nous nous sommes servis d'un arc au mercure pour l'une de nos expériences de résonance).

Quant à l'arc ordinaire, entre électrodes de charbons, il peut, dans certaines conditions, par exemple quand il jaillit dans une atmosphère d'hydrogène, donner naissance à des oscillations entretenues, énergiques et de période convenable pour la télé-

(1) Ces résultats deviennent très visibles en traduisant les expériences par des courbes: l'on porte en abscisses la période propre $x$ du système excité et en ordonnées amplitude (ou la puissance, qui est proportionnelle au carré de l'amplitude) de ses ibrations lorsqu'il est excité par un système excitateur à période fixe T, on obtient une urbe (courbe de résonance) dont l'usage est maintenant fondamental en télégraphie ns fil ; cette courbe passe évidemment par un maximum pour $x = T$. Mais, pour un me circuit excité, la forme de cette courbe dépend de l'amortissement des vibrations xcitatrices, la courbe étant, d'après ce qui précède, d'autant plus pointue que cet mortissement est plus faible.

Digitized by Google

graphie sans fil. Cette invention, due à Poulsen, est actuellement la nouveauté qui attire le plus l'attention des spécialistes. Les expériences sont encore trop récentes pour qu'on puisse porter un jugement sur ce système qui, comme nous l'avons vu, aurait l'avantage d'assurer une syntonie beaucoup plus parfaite que les systèmes à oscillations amorties; cet avantage serait peut-être contre-balancé par une dépense plus considérable d'énergie.

Quel que soit, d'ailleurs, le degré de syntonisation obtenue, on ne pourra jamais éviter que, par malveillance ou autrement, une station voisine du poste récepteur ne puisse troubler la réception d'une dépêche envoyée par un poste éloigné, soit en émettant des ondes très amorties et très violentes, soit en cherchant par tâtonnement la période de l'onde qui arrive, ce qui ne sera jamais bien difficile. En temps de paix, cet inconvénient ressort uniquement du domaine de la législation et des conventions internationales; aussi, pour l'éviter, la dernière conférence internationale, tenue à Berlin, a-t-elle pris les décisions suivantes : désormais, seront réservées aux usages commerciaux, les longueurs d'ondes de 300 m et de 600 m; les longueurs d'ondes de 600 à 1 600 m sont interdites aux postes commerciaux et réservées à la Guerre et à la Marine ; et enfin les postes extra-puissants, destinés, par exemple, aux communications transatlantiques, prennent les longueurs d'ondes supérieures à 1 600 m (1) : ces grandes longueurs d'ondes sont imposées aux postes puissants par la nécessité d'envoyer dans l'espace des énergies vibratoires extrêmement considérables et, par suite, d'utiliser les décharges de condensateurs de grande capacité.

Ces diverses prescriptions nous ramènent au côté concret de la question que nous avons un peu négligé jusqu'ici pour les principes. Nous ne saurions terminer cette conférence sans rappeler, au moins brièvement, les principaux résultats obtenus jusqu'à ce jour.

Les portées qu'on atteint actuellement dépassent nettement 2 000 km, les transmissions étant de beaucoup meilleures la nuit que le jour; on annonce même, comme portée extrême, 4 800 km

(1) En fait, et c'est là un point que nous n'avons pu développer, étant données les limites de cette conférence, on sait aujourd'hui qu'une antenne excitée indirectement (soit par couplage inductif, soit par couplage direct) donne non pas une seule, mais deux longueurs d'ondes simultanées, c'est-à-dire, comme il est facile de le voir par analogie avec l'acoustique, des battements. Ces deux ondes, qui ont des périodes différentes, ont aussi des puissances et des amortissements différents; en général, c'est la plus puissante seule que l'on utilise : c'est donc à elle que devraient se rapporter les nombres donnés dans le texte.

Digitized by Google

entre Boston et l'Écosse. En dehors de ces stations nouvelles, les plus connues des stations puissantes sont celles de Poldhu, en Angleterre, et de Wellfleet et du cap Breton, en Amérique, qui assurent des communications constantes soit avec l'Europe, soit avec l'Amérique, aux paquebots qui traversent l'Atlantique; la station de Nauen, près Berlin, qui communique, au-dessus du continent, avec Saint-Pétersbourg; et enfin, la station de la tour Eiffel, à Paris; cette dernière station, qui dispose pour son antenne de la hauteur exceptionnelle de 300 m, a été installée très habilement, par M. le capitaine Ferrié, avec des ressources fort limitées; elle ne dispose que d'une puissance de 8 ch et communique régulièrement, toutes les semaines, avec la station de Bizerte à 1 500 km de là; il est fort à souhaiter que cette installation devienne définitive; le jour où elle disposera d'une cinquantaine de chevaux, elle communiquera sans doute avec l'Amérique.

En dehors de cette station puissante, nous avons en France un certain nombre de stations côtières, les unes destinées au service de la Marine, comme la Pointe-du-Raz, Saint-Mathieu, Lorient, Port-Vendres et Agde, les autres au service commercial, comme Ouessant et Porquerolles. Nous donnerons une mention particulière aux stations commerciales de Dieppe et de Newhaven qui ont été établies par notre Collègue, M. Rochefort, pour la Compagnie française des Chemins de fer de l'Ouest et la Compagnie anglaise du London Brighton.

J'arrêterai ici cette conférence déjà trop longue : si j'ai pu réaliser devant vous un certain nombre d'expériences intéressantes, j'en suis en partie redevable à M. le capitaine Ferrié qui a bien voulu me confier ce soir un certain nombre d'appareils appartenant à l'Établissement central de Télégraphie militaire, et dont la conversation, toujours instructive, m'a beaucoup appris, et à M. Gaiffe, le constructeur bien connu, qui, avec la plus extrême complaisance, a bien voulu faire transporter ici un matériel considérable; que l'un et l'autre reçoivent mes bien vifs remerciements.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

MESSIEURS,

J'ai essayé, dans cette communication, de mettre en lumière les bases scientifiques de la Télégraphie sans fil; une fois de plus nous

Digitized by Google

voyons une magnifique branche de l'industrie humaine sortir des données de la Science pure ; ce rôle de la Science dans l'Industrie n'est plus aujourd'hui contesté par personne et c'est presque une banalité que de le rappeler; l'influence inverse est peut-être moins universellement reconnue; elle existe néanmoins, et je suis persuadé que, de plus en plus, les savants qui se tiendront éloignés de l'Industrie vivront, même au point de vue de la Science pure, dans une abstraction qui leur sera nuisible. Il est incontestable, pour nous en tenir au sujet qui nous occupe, que nos connaissances sur les ondes électriques ont progressé d'une manière remarquable par et pour la Télégraphie sans fil, et il en sera de même dans toutes les autres branches de l'activité humaine; savants et ingénieurs ne doivent pas s'ignorer; ces démarcations ne sont plus de notre temps; ils ont besoin les uns des autres pour ne pas perdre de vue ce que les uns et les autres cherchent à atteindre : la réalité des choses et le progrès de la vérité.

---

## APPENDICE

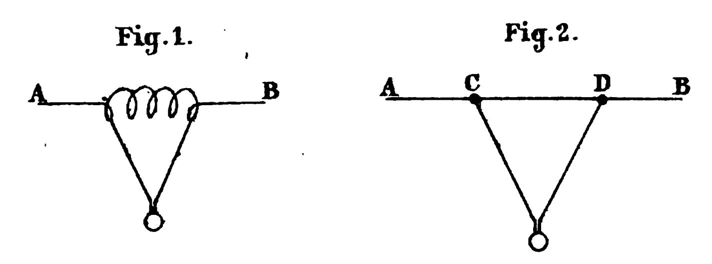
### Note relative à quelques expériences sur les courants à haute fréquence (1).

Parmi les remarquables expériences d'Elihu Thomson sur les courants oscillatoires à haute fréquence, l'une de celles qui ont le plus attiré l'attention consiste à illuminer une lampe à incandescence placée en dérivation sur quelques spires circulaires d'un fil épais de cuivre *(fig. 1)*. J'ai essayé avec succès de répé-

(1) Nous pensons qu'il y a peut-être quelque intérêt à réimprimer ici la note ci-dessus, publiée pour la première fois dans le *Journal de Physique* en 1892. Ceux qui ont suivi l'histoire du développement de nos connaissances sur les oscillations électriques, se souviennent qu'après les mémorables expériences de Hertz en 1888, la découverte la plus importante fut celle de la résonance multiple par Sarrasin et de la Rive. Par une intuition véritablement admirable, M. Henri Poincaré trouva presque immédiatement en 1890, la véritable explication de ce phénomène et l'attribua, comme nous l'avons dit dans le texte, à l'amortissement très rapide des oscillations hertziennes. Puis vinrent, vers le commencement de 1892, les expériences de Tesla et d'E. Thomson; c'est en répétant ces expériences que je fus amené à réaliser l'expérience présentant tous les caractères d'une résonance simple qui est décrite dans la note en question, et à en conclure que les décharges oscillatoires employées étaient probablement beaucoup moins amorties que les oscillations de Hertz. On sait que cette vue a été confirmée depuis et que c'est sur cette expérience de résonance simple que sont fondés tous les instruments appelés aujourd'hui ondamètres.

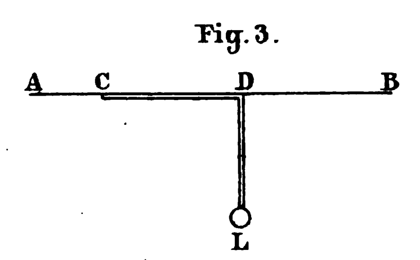
Digitized by Google

ter cette expérience en substituant à la spirale une simple tige de cuivre rectiligne (*fig. 2*); dans ces conditions, on obtient encore en général, sans difficulté, l'incandescence de la lampe. On est tenté, au premier abord, d'attribuer cette dérivation du courant principal à travers la lampe à la même cause que dans le cas de la spirale, c'est-à-dire soit à la self-induction de la




tige, soit à l'augmentation réelle de résistance de cette tige qui se produit pour ces fréquences élevées. En réalité, cette explication n'est pas exacte, et la véritable cause du courant qui passe alors dans la lampe est l'induction mutuelle qui se produit entre le conducteur AB et le circuit CLD (*fig. 2*).

Pour montrer qu'il en est bien ainsi, il suffit de ramener l'un des fils de dérivation contre le fil principal (*fig. 3*) en ayant soin




de l'isoler soigneusement dans un tube de verre de petit diamètre : dans ces conditions, la lampe s'éteint. Cela montre bien que la différence de potentiel efficace qui existe entre C et D est insuffisante pour donner un courant sensible dans le circuit de la lampe, et que la vraie cause du courant qui y prend naissance, dans le cas de la figure 2, se trouve dans les variations périodiques du flux qui traverse le circuit CLD.

Comme conséquence de ces faits, on voit que l'emploi d'un électrodynamomètre, ou même d'un électromètre, placé en dérivation sur deux points d'un conducteur rectiligne parcouru par un courant alternatif, peut amener des erreurs dans la me-

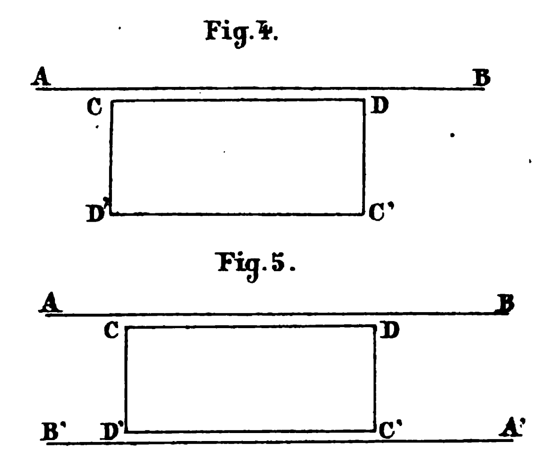
Digitized by Google

sure des différences de potentiel efficaces dès que la fréquence devient un peu élevée, les phénomènes d'induction mutuelle prenant alors une importance considérable.

Ceci reconnu, on peut, dans les expériences précédentes, supprimer les communications C et D, et approcher de la tige AB un rectangle CDC'D' *(fig. 4)* muni d'une lampe L. La lampe s'allume encore.

Enfin, pour plus de symétrie, on peut intercaler le rectangle CDC'D' entre les deux fils d'aller et de retour *(fig. 5)*, et l'on retombe ainsi sur la disposition que R. Blondlot a employée dans ses belles recherches sur la propagation des ondulations électriques.

Il est possible de couper le circuit CDC'D' par un condensateur




(bouteille de Leyde); si les conditions de l'expérience sont convenables, la lampe L brille d'un éclat plus vif encore que précédemment. Cette disposition permet de montrer que ce circuit secondaire obéit aux lois connues de la résonance : en effet, si on dispose sur ce circuit une bobine dont on puisse faire varier à volonté le nombre des spires, c'est-à-dire la self-induction, on trouve que, la capacité du condensateur étant donnée (et inférieure à une certaine limite), l'éclat de la lampe passe par un maximum très net pour une certaine valeur de cette self-induction. Ce maximum a évidemment lieu au moment où la période de vibration propre du circuit secondaire est égale à la période du courant primaire. D'ailleurs, si l'on fait varier cette dernière en augmentant, par exemple, la capacité du con-

Digitized by Google

densateur dont on utilise les décharges, on trouve que, pour rétablir le maximum d'éclat de la lampe, il faut faire varier dans le même sens, soit la capacité, soit la self-induction du circuit secondaire.

Il semble donc que, pour cet ordre de fréquences, le circuit secondaire reprend son véritable rôle de résonateur que les expériences de de la Rive et Sarrasin lui ont fait perdre dans le cas des oscillations hertziennes. Il faut peut-être en conclure que les oscillations employées dans les expériences d'Elihu Thomson s'amortissent bien moins rapidement que celles de l'excitateur de Hertz.

(Extrait du *Journal de Physique*, 3e série, tome I, page 375, 1892.)

---



Digitized by Google

# CHRONIQUE

## N° 330

---

SOMMAIRE. — Les locomotives à l'Exposition de Milan en 1906 (*suite*). — La neige sur les chemins de fer (*suite et fin*). — Réservoir en béton armé pour la distribution d'eau d'Anvers. — Ascenseur pour bateaux de Kirkfield. — Les hécatombes de la paix. — Sir Benjamin Baker.

### Les locomotives à l'Exposition de Milan en 1906 (*suite*).

LES LOCOMOTIVES BELGES (*suite*).

*Société de Saint-Léonard à Liège.* — Cette Société avait à Milan trois locomotives, une grande et deux petites.

La première était une locomotive des chemins de fer de l'État belge a trois essieux accouplés et un bogie à l'avant, de la même disposition que la machine construite par les ateliers de la Métallurgique et dont nous avons parlé précédemment.

C'est une compound à quatre cylindres actionnant un essieu différent par paire de cylindres; il y a quatre mécanismes Walschaerts pour la commande des tiroirs.

Les cylindres et les roues ont les mêmes dimensions que pour la machine précédente; la chaudière est un peu plus faible; elle a 3,20 m² de surface de grille et 177 de surface de chauffe dont 15,8 pour le foyer: les tubes sont lisses. La machine pèse à vide 70 t et, en service, 74,5; le tender est du même modèle que pour les précédentes machines.

La seconde locomotive de la Société de Saint-Léonard était une locomotive à voie de 1 m destinée à la Société Nationale des chemins de fer vicinaux, petite machine tender à trois essieux accouplés; les cylindres extérieurs commandent l'essieu d'arrière, les mécanismes de distribution également extérieurs sont du type Walschaerts.

Les cylindres ont 0,280 × 0,380 et les roues 0,800 m, l'écartement des essieux extrêmes est de 1 900 m. La chaudière est timbrée à 12 kg et a une grille de 0,70 m et une surface de chauffe de 36,8 m² dont 3,6 pour le foyer. Le poids à vide est de 16 900 t et le poids en service, avec 2 000 l d'eau contenue dans des caisses latérales à la chaudière et 500 kg de charbon, atteint 20 500 kg.

La troisième machine, portant le nom de *Valenzano*, était destinée à la ligne secondaire à voie normale de Bari à Locorotondo, en Italie; il y a trois essieux accouplés dont celui du milieu est moteur.

Les cylindres sont extérieurs ainsi que le mécanisme de distribution type Walschaerts.

La provision d'eau est contenue dans des caisses latérales à la chaudière.

Le générateur, à 14 kg de pression, a une grille de 1,77 m², une surface

Digitized by Google

de chauffe de 74,8 dont 6,6 pour le foyer. Les essieux, à roues de 1,200 m sont écartés de 3,300 m. La machine pèse. à vide, 29,5 t et, avec 4 m³ d'eau et 1 200 kg de charbon, 37 t en service.

*Ateliers de Louvain.* — Ces ateliers avaient envoyé à Milan une machine construite pour la Société des Chemins de fer vicinaux, machine à voie de 1 m, type de tramway, c'est-à-dire avec toiture soutenue par des colonnettes et couvrant toute la machine; le mécanicien peut se placer à l'une ou l'autre extrémité ayant tous les appareils de manœuvre sous la main. Nous nous bornerons à indiquer que cette locomotive est montée sur six roues de 0,850 m accouplées ensemble, la chaudière est timbrée à 12 kg et a une surface totale de chauffe de 47,6 m². Le poids en service, avec 2 600 l d'eau et 1 000 kg de charbon, est de 27 000 kg. Ce type de locomotive peut remorquer un train de 100 t sur des rampes de 27 0/00; il passe dans des courbes de 100 m de rayon.

*Ateliers de construction de Boussu.* — La machine exposée par ces ateliers, également à voie de 1 m et destinée à la Société Nationale des Chemins de fer vicinaux, est du même modèle que la précédente, mais elle est de plus faibles dimensions. La chaudière n'a que 32 m² de surface de chauffe et le poids en service n'est que de 19 500 kg.

### Locomotives françaises.

Les locomotives de construction française étaient à Milan au nombre de huit, provenant de cinq ateliers dont deux appartenant à des Compagnies de chemins de fer.

*Ateliers des Chemins de fer de l'Est à Epernay.* — Les ateliers d'Épernay avaient envoyé à Milan une locomotive construite pour la Compagnie des Chemins de fer de l'Est.

Cette locomotive était une machine à six roues couplées avec bogie à l'avant, compound à 4 cylindres en deux groupes dont chacun actionne un essieu, du type si commun en France, CMMPP.

Chaque cylindre a un tiroir à pistons avec un mécanisme de distribution Walschaerts pour chacun. Les commandes des relevages des deux paires de cylindres sont liées ou indépendantes, à volonté.

Les cylindres ont 0,360 et 0,590 m de diamètre avec 0,680 m de course. Les roues accouplées ont 2,090 m et les roues de bogie 0,920 m de diamètre, l'écartement est, pour les essieux accouplés, de 4,950 m, et pour les essieux extrêmes de 8,890 m.

La chaudière, à tubes Serve, timbrée à 15 kg a une grille de 3,14 m² et une surface de chauffe de 235 m² dont 16,2 pour le foyer. La machine pèse vide 76 300 kg et, en service, 76 800 dont 53 200 utilisé pour l'adhérence.

Le tender a trois essieux, avec 22 000 l d'eau et 6 000 kg de combustible, pèse 48 500 kg.

Ces machines remorquent des trains de 300 t à la vitesse moyenne de 90 km à l'heure elles peuvent atteindre une vitesse maxima de 120 km.

Digitized by Google

*Ateliers du Chemin de fer du Nord à Paris.* — La Compagnie du Chemin de fer du Nord avait envoyé à Milan deux locomotives construites dans ses ateliers de Paris.

La première est une machine de banlieue à deux essieux accouplés avec bogie à l'avant et à l'arrière PPCMPP. Les cylindres sont extérieurs ainsi que la distribution Walschaerts commandant des tiroirs plans; les caisses à eau sont sur les côtés de la chaudière. Le mécanicien peut, suivant le sens de la marche de la machine, se tenir en regardant l'avant ou l'arrière et les organes de commande sont disposés de manière à être toujours sous sa main.

Les cylindres ont 0,430 × 0.600 m, les roues accouplées 1,664 et les roues des bogies 0,900 m, l'écartement des essieux moteurs est de 1 780 m et celui des essieux extrêmes de 8 750 m.

La chaudière à foyer Belpaire et tubes Serve a une grille de 1,950 m² et une surface de chauffe totale de 124,5 m² dont 8,7 pour le foyer, elle est timbrée à 12 kg.

Le poids de la machine vide est de 50 300 kg et, en service, avec 7 000 l d'eau et 3 500 kg de charbon, 63 500 kg dont 32 000 de poids adhérent.

Ce type de locomotive, dû, comme on sait, à notre ancien Président, M. du Bousquet, remonte déjà à 1900.

La seconde locomotive, également construite sur les plans de M. du Bousquet est une locomotive compound articulée destinée à la remorque des gros trains de charbon. Cette machine figurait déjà à l'exposition de Liège et a fait dans le Bulletin de septembre 1906, l'objet d'une description très détaillée avec figures de la part de M. Herdner; nous y renverrons nos lecteurs et ne croyons pas devoir nous étendre davantage ici sur ce sujet. Nous nous bornerons à indiquer que cette locomotive, pesant 102 000 kg avec ses approvisionnements au complet, est la plus pesante des locomotives-tender exposées.

*Société Alsacienne de Construction mécanique à Belfort* — Ces ateliers avaient envoyé deux locomotives à Milan.

La première était une locomotive pour les chemins de fer de l'Est destinée au service des trains de grande banlieue, Paris à Château-Thierry. C'est une machine compound à quatre cylindres portée sur trois essieux accouplés et deux bogies à deux essieux, un à l'avant et l'autre à l'arrière PPCMMPP, la machine porte ses approvisionnements. Les cylindres intérieurs à basse pression actionnent, comme on voit, l'essieu accouplé d'avant et les cylindres extérieurs à haute pression l'essieu du milieu. comme dans le type précédemment décrit des mêmes chemins de fer. Les tiroirs sont à pistons avec commande du type Walschaerts. Comme la machine ne se retourne pas, les appareils de manœuvre sont disposés de manière que le mécanicien puisse les avoir sous la main lorsqu'il regarde en avant ou qu'il regarde en arrière suivant le sens de la marche. Les caisses à eau sont sur le côté de la chaudière vers l'arrière et il y en a une sous la plate-forme.

Les cylindres ont 0,350 et 0,550 de diamètre avec 0.640 m de course. Les roues accouplées ont 1,580 et les roues des bogies 0,850 m, les

Digitized by Google

essieux accouplés sont distants de 3,900 m et les essieux extrêmes de 10,800 m. La chaudière est timbrée à 15 kg; elle a une grille de 2,57 m² et une surface de chauffe de 148,7 dont 14 m² pour la boîte à feu.

Le poids à vide est de 71 800 kg et le poids en service, avec 8 600 l d'eau et 3 000 kg de combustible, de 90 000 kg dont 47 000 kg servent à l'adhérence.

L'emploi de ce nouveau type permet de gagner 30 minutes sur le trajet de 95 km de Paris à Château-Thierry qui demandait précédemment 2 heures.

La seconde locomotive provenant des ateliers de Belfort était une locomotive à voie étroite (1,055) des chemins de fer algériens de l'Etat. C'est une machine à trois essieux accouplés avec bogie à l'avant et tender séparé.

Les cylindres sont extérieurs et attaquent l'essieu du milieu; les tiroirs et la distribution à coulisse Stephenson sont à l'intérieur.

Les cylindres de cette machine ont 0,400 × 0,560, les roues accouplées 1,500 et les roues du bogie 0,800, les essieux couplés sont distants de 3.400 et les essieux extrêmes de 6,550 m. La chaudière, à foyer Belpaire timbrée à 12 kg, a 1,47 m² de surface de grille et 69 m² de surface de chauffe dont 8,15 m² pour la boîte à feu. La faiblesse relative de la surface de chauffe est due à ce qu'à cause de la mauvaise qualité des eaux d'alimentation, on a mis peu de tubes pour les avoir plus écartés.

La machine pèse à vide 31 700 kg et en service 34 800 kg, dont 25,5 sur les essieux accouplés. Le tender à deux essieux pèse 17 000 kg, avec 7 500 l d'eau et 2 500 kg de combustible. Cette machine peut réaliser des vitesses maxima de 80 km à l'heure; les roues du bogie ont un grand écartement, 1,80 m, pour donner une stabilité suffisante à ces vitesses.

*Schneider et Cie, au Creusot.* — Cette maison a construit la locomotive des Chemins de Paris à Lyon et à la Méditerranée exposée à Milan. C'est une machine à grande vitesse à trois essieux accouplés et à bogie à l'avant, compound à quatre cylindres disposés en batterie sous la boîte à fumée, ceux de l'intérieur actionnant le premier essieu accouplé et ceux de l'extérieur le second. Nous nous bornerons à en indiquer les dimensions principales.

Les cylindres ont 0,340 et 0,540 m de diamètre et 0,650 m de course. Les roues accouplées ont 2 m et les roues du bogie 1 m de diamètre. Les essieux accouplés sont distants de 4,78 et les essieux extrêmes de 8,53 m. La chaudière à foyer Belpaire et tubes Serve, timbrée à 16 kg, a 3 m² de surface de grille et 221,2 de surface totale, dont 15,4 pour la boîte à feu. Le poids à vide est de 64 800 kg et le poids en service de 70 000 kg, dont 50 000 kg de poids adhérent. Le tender à trois essieux pèse 43 000 kg, avec 20 000 l d'eau et 3 500 kg de charbon. Ces locomotives peuvent atteindre une vitesse de 120 km à l'heure.

*Société Française de Construction mécanique.* — Cette Société, anciens Établissements Cail, avait envoyé à Milan deux locomotives construites dans ses ateliers de Denain.

La première est une machine à marchandises à adhérence totale à quatre essieux accouplés, destinée à la ligne de Damas-Hamah; elle est

Digitized by Google

à simple expansion ; les cylindres sont extérieurs et horizontaux et commandent le troisième essieu ; la distribution est à l'extérieur et du type à coulisse de Stephenson ; ce type rappelle l'ancien modèle à 8 roues couplées du Chemin de fer du Nord.

Les cylindres ont 0,520 $\times$ 0,630 m et les roues accouplées 1,300 m ; l'écartement des essieux est de 4,200 m. La chaudière est timbrée à 11,5 kg ; elle a 2.20 m² de surface de grille et 160 m de surface de chauffe totale, dont 10 m² pour la boite à feu. Le poids à vide est de 47000 kg et le poids en service de 52 200 kg. Le tender pèse 33 t, avec 12 500 l d'eau et 6 000 kg de combustible.

La seconde machine est une locomotive-tender à voie normale pour usines, montée sur deux essieux accouplés avec chaudière verticale ; les cylindres, placés à l'arrière, sont extérieurs et inclinés ; la distribution, également à l'extérieur, est du type Joy.

Les cylindres ont 0,270 $\times$ 0,260 m, les roues 0,615 m de diamètre, avec 1,600 m d'écartement d'essieux. La chaudière est timbrée à 12 kg, elle a 0,90 m² de surface de grille et 24 m de surface de chauffe, dont 6,1 m pour le foyer. Le poids à vide est de 13 000 kg, et en service de 18 000 kg ; la machine porte, dans des caisses placées à l'avant et sur les côtés, 3 000 l d'eau et 750 kg de charbon. *(A suivre.)*

**La neige sur les chemins de fer** *(suite et fin)*. — Le 25 décembre, l'express 501 s'arrête à Pont-d'Héry et met quarante-cinq minutes pour arriver à Andelot, distant de 6 km, soit une vitesse de 8 km à l'heure. A Andelot, on lui enlève deux voitures, mais il s'arrête peu après ; le train 303 qui le suit le débloque et lui permet d'arriver à Pontarlier avec un retard de plus de trois heures.

Le même jour, l'express 524 reste en détresse entre Andelot et Pont-d'Héry ; secouru par le train descendant 202, il arrive à Dôle avec deux heures de retard. Les trains de marchandises 4303, 4307 et 6523 sont supprimés entre Mouchard et Pontarlier.

Le 26, le train de marchandises 4303 est remis en marche avec quinze véhicules, la traction normale est doublée, mais il est bloqué à Malaton, ainsi que le 511 ; ils sont tous deux ramenés à Mouchard. L'express Simplon 515 doit s'arrêter à Mouchard ; ses voyageurs sont versés dans l'omnibus 517, qui ne peut dépasser Mesnay-Arbois et rentre à Mouchard ; on est sans nouvelles du 512. La gare de Mouchard forme trois trains spéciaux pour Dôle pour remplacer les trains 510, 512 et 514, qui n'ont pu parvenir de Pontarlier à Mouchard.

Le même jour, le 6507 déraille à Andelot ; les 511 et 4503 sont bloqués ; les communications télégraphiques sont interrompues entre Mesnay-Arbois et Pontarlier.

Du 26 au 30, il est organisé un service de pilotage sur la voie n° 2. Deux autres pilotages sont nécessaires entre Andelot et Lajoux et entre Pontarlier et La Rivière.

Les trains de marchandises, de même que ceux de voyageurs, sont supprimés le 26 entre Mouchard et Pontarlier et *vice-versa*.

Le 27, la gare de Mouchard forme un train pour remplacer le 502, en retard de près de trois heures, qui lui-même remplace le 504, supprimé

Digitized by Google

au départ de Pontarlier. Cette gare forme encore un autre train pour remplacer le 506 ayant un retard considérable, qui remplace à son tour le 524 supprimé.

L'omnibus 517 s'arrête près de Pont-d'Héry; secouru par une machine, il a deux heures et demie de retard. Les 27 et 28, un grand nombre d'ouvriers enlèvent la neige, qui atteint 1,80 m entre Pont-d'Héry et Andelot et entre Andelot et Pontarlier.

Le 1er janvier, le train Simplon 514 est bloqué à 50 m de Pont-d'Héry; une machine de secours arrive de Mouchard, mais ne peut s'atteler; il faut déblayer la neige à la pelle; le train ne peut démarrer, une troisième machine est nécessaire; le train résiste et ne part pas; il faut le sectionner en trois parties pour lui faire franchir les 50 m qui le séparent de Pont-d'Héry; reconstitué à cette gare avec double traction, il a sept heures de retard.

Le 2 janvier, les trains de marchandises supprimés depuis le 27 décembre sont reconstitués à quinze wagons pour les trains impairs et à vingt pour les trains pairs, de jour. Le 3 janvier, ils ont chacun cinq wagons de plus. Le 7 janvier, les trains de nuit sont reconstitués. Du 7 ou 17 janvier, la réduction de ces trains n'est plus que de 20 0/0 et est abaissée à 10 0/0 à partir du 18 jusqu'au 23 janvier. Le 23 janvier, les trains pairs n'ont plus que vingt véhicules et les trains de voyageurs sont réduits au strict minimum entre Mouchard et Pontarlier. Le 24, le train de marchandises 4304 est bloqué près de Pontarlier; un pilotage de trois heures est nécessaire. Le 25, la réduction des trains est ramenée à 10 0/0. Le 26, la réduction est de 25 0/0 entre Mouchard et Pontarlier et Pontarlier et Boujailles, puis, le soir du même jour, les trains n'ont plus que quinze et vingt wagons. Le 27, la réduction est ramenée à 10 0/0. Le 28, les trains de voyageurs n'ont plus que deux fourgons, une voiture de première et une voiture de deuxième classe. Suppression des trains de marchandises jusqu'au 30 janvier. Le 30 janvier, suppression de deux voitures à l'express 515; l'express 53 est dédoublé et composé de trois voitures seulement de Dijon à Pontarlier. Le train de luxe 33 est détourné par *Bourg-Genève*; cinq trains de marchandises sont supprimés.

Le 31 janvier, le train omnibus — cinq voitures seulement — tombe en détresse entre Andelot et Lajoux et reste bloqué jusqu'au 5 février et le train 524 est bloqué entre Boujailles et Lajoux. Les deux voies étant de ce fait encombrées, la circulation est interrompue jusqu'à huit heures du soir; un pilotage est établi sur la voie 2, entre Andelot et Boujailles Le train de luxe 34 est détourné par *Genève*; l'express 524 est supprimé, de même que les omnibus 509 et 511, dont les voyageurs sont versés dans l'express 515, rendu omnibus. Les omnibus 517, 502, 504, 506 et 510 sont supprimés. Le train 514 passe à Dôle avec un retard de treize heures quarante. L'express 503 est dédoublé à trois voitures; les trains de marchandises sont supprimés.

Le 1er février, les omnibus 502 et 504, parvenus à Mouchard avec des retards de deux heures vingt à une heure, sont supprimés entre Dôle et Pontarlier et Andelot et Mouchard.

La publication dont nous avons extrait ce qui précède ne va pas plus loin; nous croyons cependant que les difficultés éprouvées de la part

Digitized by Google

des chutes de neige dans l'exploitation de la ligne entre Mouchard et Pontarlier ont dû se reproduire pendant une partie du mois de février, car les faits rapportés par nous au début de cette note et relatifs à la ligne suisse de Saignelegier-Chaux-de-Fonds se rapportent à la date du 21 février.

Nous avons donné ces renseignements à titre de curiosité, comme exemple des obstacles que la neige peut quelquefois opposer à l'exploitation des voies ferrées. Mais on peut en tirer un enseignement. Il faut se garder de comparer, comme on le voit faire trop souvent, des tracés de chemins de fer en ne tenant compte que du développement en plan ; les longueurs virtuelles, calculées d'une manière ou d'une autre, ne suffisent même pas pour établir la valeur relative d'un tracé si on ne tient pas compte des conditions climatériques des régions traversées par ce tracé. C'est précisément ce qui se produit en ce moment dans la question des voies d'accès au Simplon, dont la ligne Mouchard-Pontarlier-Vallorbe, dont nous venons de nous occuper, constitue actuellement la plus directe.

**Réservoir en béton armé pour la distribution d'eau d'Anvers.** — Nous trouvons, dans les *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand*, la description de la construction d'un réservoir couvert établi récemment par la Compagnie des Eaux d'Anvers à sa nouvelle station de pompage de Luythagen.

Ce réservoir mesure 62,43 m de longueur sur 40,65 m de largeur. La profondeur du pavement à la couverture est de 3,16 m, la profondeur depuis le bas jusqu'au-dessus du tuyau de trop-plein étant de 3 m. Le réservoir est entièrement souterrain, la partie supérieure de la couverture plate étant le niveau du terrain naturel.

Le sol à Luythagen est un sable compact, verdâtre, contenant une couche aquifère. Pendant le déblai et la construction du réservoir, on dut naturellement épuiser les eaux ; l'excavation fut poussée jusqu'à 0,60 m sous le niveau futur du pavement.

Les matériaux employés sont :

*a)* Des poutrelles en fer en U et des cornières pour l'ossature métallique ;

*b)* Du béton entourant cette ossature ;

*c)* Un treillis métallique servant à consolider le béton.

*a*) Les poutrelles sont de quatre dimensions, savoir : 220 mm sur 98 pour les poutrelles horizontales servant à former le fond du réservoir ; 140 × 66 pour les poutrelles comprises dans les murs latéraux ; 120 × 58 pour celles qui forment les colonnes et 240 × 106 pour les poutrelles couvrant les baies aux extrémités du réservoir.

Les fers en U formant les côtés des voûtes mesurent 100 × 40 et les fers cornières faisant semelles au bas des fers de colonnes ont 40 × 40.

*b)* Le béton est composé de ciment Portland de la meilleure qualité, de sable de rivière lavé et de graviers tamisés de manière à passer dans un anneau de 20 mm de diamètre.

Le ciment, après avoir été essayé, était mélangé avec deux fois son volume de sable pour faire le mortier. Les graviers étaient mesurés et le ciment de mortier ajouté en quantité suffisante pour remplir les vides

Digitized by Google

avec une marge de 10 0/0. Le mélange était fait à la main en petites quantités ; une quantité aussi faible que possible d'eau était ajoutée et le béton était répandu en fines couches et soigneusement damé.

*c)* Le treillis métallique était employé en larges feuilles de longueurs diverses, nécessaires pour s'étendre de l'une à l'autre des traverses métalliques de l'ossature et pour les bien recouvrir.

Les principales dimensions employées étaient le n° 10 (mailles de 75 mm, côtés de 6 × 4 mm) pesant 6 kg par mètre carré et le n° 15 (mailles de 75, côtés de 3 × 3) pesant 2,2 kg par mètre carré.

*Usage du treillis métallique.* — La fondation étant préparée et la surface cimentée, toute la surface du réservoir fut couverte de treillis métallique. Le métal fut déposé en feuilles de 2,50 × 2,50 m, les longues diagonales des mailles étant placées à angle droit avec l'axe principal du réservoir. Les diverses feuilles forment couvre-joint l'une pour l'autre sur les quatre côtés, le couvre-joint ayant 75 mm dans chaque direction. Les feuilles extérieures sont suffisamment grandes pour dépasser de 0,20 m la paroi extérieure des murs. Les feuilles sont placées de telle sorte que les lignes de joint se trouvent sous les poutrelles de plancher portant les colonnes qui soutiennent le toit. Ces poutrelles sont placées bout à bout en longueurs de 3,20 m. Elles sont réunies à leurs extrémités par des éclisses boulonnées.

Les poutrelles de plancher courent est-ouest en lignes parallèles espacées de 2,30 m d'axe en axe, sauf cependant pour les lignes extrêmes où cet espacement n'est que de 1,95 m compté depuis les murs latéraux. Les poutrelles étant mises, des fils de fer ronds de 4,7 mm de diamètre furent accrochés à travers les feuilles de treillis métallique et retournés de chaque côté des poutrelles à des distances de 0,25 m. La première couche de béton fut alors mise entre les rangées de poutrelles, le béton étant damé à travers les mailles du treillis et répandu en couches successives jusqu'à environ 0,10 m en dessous du niveau supérieur des poutrelles. Ultérieurement, le béton fut complété jusqu'à dépasser de 6 cm la face supérieure des poutrelles. Mais, lorsqu'en cours du travail, il eut atteint exactement ce niveau, on disposa une seconde couche de treillis métallique qui fut rattaché aux fils de fer qui avaient été remontés le long des poutrelles.

Les montants des colonnes furent placés sur les poutrelles du pavement à mesure que la mise en place du béton de ce pavement progressait ; ces montants étaient dressés verticalement, sur les bourrelets des fers horizontaux, le treillis métallique étant découpé de manière à passer autour d'eux. Ils ne sont pas attachés aux poutrelles, mais sont maintenus en place à leur pied par des semelles en fer équerre allant de bout en bout du réservoir immédiatement au-dessus du treillis métallique et on les a assemblés par des boulons les fixant à ces équerres. Finalement les fers équerres sont enterrés dans le béton.

Aux deux extrémités du réservoir, les poutrelles de pavement dépassent l'extérieur de la muraille et les montants des murs qui reposent sur elles sont attachés ici par des goussets boulonnés sur l'âme de la poutrelle et en contournant le bourrelet supérieur. Le long des petits

Digitized by Google

côtés du réservoir, des montants sont placés à mi-distance entre ceux qui sont boulonnés sur les poutrelles. Ces montants intermédiaires sont appuyés sur des plaques noyées dans le fond du béton. Les montants consolidant les longs côtés du réservoir se trouvent sur des plaques semblables espacées de 1,56 m.

*Détails de construction.* — Le treillis métallique armant les murailles latérales est formé de feuilles n° 15, placées en trois séries, de chaque côté des montants, la longueur diagonale des mailles étant horizontale. A l'extérieur du mur, les treillis sont descendus de manière à reposer sur les feuilles inférieures du pavement ; à l'intérieur, les feuilles sont recourbées de manière à se raccorder tangentiellement avec les feuilles supérieures du pavement, formant ainsi une armature continue le long de l'angle formé par les murs et le pavement. Aux quatre coins du réservoir, des feuilles couvre-joints métalliques unissent les treillis métalliques, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la muraille. Le long des parois latérales, les treillis sont découpés et réunis à tous les montants par des fils de fer mesurant 4 à 7 mm de diamètre.

Le long des petits côtés où les montants sont plus rapprochés, les feuilles de treillis s'étendent sur trois travées, la découpe des feuilles se faisant alternativement au droit d'un montant pour chaque cours de feuilles.

Pour bétonner les murailles, on fit des parois solides, en bois, extérieurement, de part et d'autre du treillis métallique ; les planches étaient maintenues en place par des étançons extérieurs et des blochets s'appuyant contre les montants en fer, l'épaisseur laissée entre les deux cours de planches étant de 0,20 m.

Les colonnes isolées, au nombre de 232, avaient leurs montants tout dressés avant que l'on commençât le bétonnage et ils étaient maintenus dans un sens par les fers en V compris dans les voûtes et, dans l'autre direction par des contrefiches provisoires en bois. Des moules en bois entouraient ces colonnes et le béton était versé dans ces moules de manière à former des piliers de 0,18 m de côté. Les colonnes sont espacées dans un sens de 3,12 m d'axe en axe (dans le sens de la longueur des barres du pavement) et de 2,30 m dans le sens perpendiculaire.

*La couverture.* — Le plafond est un plateau continu de béton de 0,14 m d'épaisseur, avec une armure ds treillis métallique n° 10 à sa face inférieure portée par des arcs surbaissés reliant les colonnes de l'est à l'ouest.

Ces arcs se composent d'un fer en U de 0,10 m de largeur, pesant 10,8 kg le mètre courant, rempli de béton, qui se prolonge jusqu'à la face inférieure du plateau de béton formant le plafond. Cet arc constitue une véritable nervure du plafond, car il est construit en même temps et forme une seule pièce avec lui. Ces fers en U, qui ont une flèche de 0,28 m, s'appuient sur des cornières rivées sur les montants des colonnes ; les sommets des fers de montants et des ailes du fer en U se trouvent au niveau de la face inférieure du plateau de béton formant le plafond. Le cintrage du plafond et des arcs ne forme qu'une seule construction.

Digitized by Google

Les fers en U furent d'abord enveloppés de lattes liées à la courbe de l'arc et accrochées aux ailes du fer en U; ils furent alors entourés de planches placées sur champ et supportées de part et d'autre des colonnes; le plafond plat est formé sur des planches formant cintre et supportées par des madriers transversaux.

Les feuilles de treillis métallique n° 10 furent mises sur ces planchés, les longues diagonales des mailles étant perpendiculaires à la direction des arcs au milieu desquels se trouvait le joint des feuilles successives. Le béton fut alors damé à travers les mailles remplissant les espaces au-dessus du fer en U, toute la couverture étant faite jusqu'à sa face supérieure dans une opération continue.

Pour assurer la stabilité du plafond dans la direction de la poussée des arches, les extrémités du réservoir sont surmontées d'une lourde masse de béton supportée par des fers I de 240 × 160 mm attachés aux montants des colonnes par des goussets d'angle et reposant à un bout sur les colonnes et sur les murs d'about à l'autre extrémité. Cette partie de la couverture a une armure de treillis métallique n° 15 sur les deux faces inférieure et supérieure et elle a une épaisseur de 0,30 m, non compris l'enduit imperméable.

Tous les montants des côtés latéraux et un montant sur deux du petit côté du réservoir sont ancrés dans la couverture par des fers plats de 40 × 10 mm entourant le sommet du montant et pénétrant dans le béton du toit horizontal sur une distance de 0,75 m de chaque côté du montant.

Ainsi construit, le réservoir de Luythagen a la forme d'une boîte rectangulaire munie d'un couvercle fixe. Les murs doivent supporter une charge d'eau de 3 m à l'intérieur et de 1,50 m à l'extérieur; ils sont reliés par le fond et par le toit qui agissent entre les murs comme tirants quand le réservoir est plein et comme poussards, quand il est vide. Le toit doit recevoir une charge suffisante pour contre-balancer la sous-pression qui se produit sous le fond quand le réservoir est vide. Les parties composant l'ossature sont calculées chacune pour porter la part qui leur revient dans la répartition générale des charges et les panneaux de béton entre les supports ont une épaisseur convenable pour résister à leurs charges propres.

**Ascenseur pour bateaux de Kirkfield.** — On vient d'achever la construction d'un ascenseur pour bateaux à Kirkfield, dans l'Ontario, sur le canal du Trent et cet ouvrage doit être livré ces jours-ci à l'exploitation. Il est du même système que celui qui a été installé, il y a quelques années, à Péterborough, également sur l'Ontario, mais il n'a que 14,80 m de différence de niveau au lieu de 19,80 que rachète le second.

L'installation consiste en deux chambres ou bacs montées chacune sur le piston d'une presse hydraulique; ces chambres sont fermées à leurs deux extrémités par des portes qu'on ouvre pour les mettre en communication avec les biefs du canal. Les deux presses peuvent être mises en communication l'une avec l'autre par un conduit et il suffit d'introduire, dans la chambre qui se trouve en haut, une quantité d'eau supplémen-

Digitized by Google

taire, 100 t par exemple, ce qui ne fait qu'une couche d'eau de 0,21 m environ, pour que cette chambre s'abaisse en faisant monter l'autre. L'opération se fait très rapidement; l'expérience faite à Péterborough montre qu'il ne faut que 6 minutes et demie entre le moment où un bateau est entré dans la chambre inférieure et celui où il est prêt à sortir de la chambre supérieure.

La partie mobile de la construction est entièrement en acier, la partie fixe est en béton. A environ 200 m de l'écluse, le canal s'élargit jusqu'à atteindre, à celle-ci, une largeur de 27 m qu'un mur en éperon divise en deux canaux correspondant chacun à une des chambres. C'est la même chose de l'autre côté. Mais à la suite du double canal inférieur se trouve une vaste fosse dans laquelle descendent les chambres mobiles à leur position la plus basse; cette fosse a 51 m de longueur et 12 de profondeur; elle a nécessité l'extraction d'une grande quantité de roches; au milieu de la longueur se trouvent les puits pour les corps de presses, puits qui descendent à 19,50 m au-dessous du bas de la fosse et ont un diamètre d'environ 6 mètres; le fond de ces puits est très exactement dressé et les parois formées d'une couche de béton lissé soigneusement et laissant un espace central d'un diamètre de 4,25 m.

Les chambres ou bacs destinés à recevoir les bateaux ont 4,25 m de longueur sur 42 m à l'intérieur. Le tirant d'eau, dans ces chambres, est de 2,45 m. Au tirant d'eau, le volume d'eau contenu est de 1 700 t. Les parois latérales de ces chambres sont formées de poutres d'acier en treillis d'une hauteur de 9,80 m au milieu, réunies au centre par un fort entretoisement formé de quatre poutres de 2,75 m de hauteur, qui porte sur la tête du piston de la presse. Le fond des chambres est formé de tôle de 9 mm d'épaisseur et les côtés de tôle de 7,5.

Les chambres sont maintenues transversalement par trois pylônes en charpente d'acier, disposés l'un au centre entre les deux chambres et les deux autres à l'extérieur; ces trois pylônes sont réunis à la partie supérieure par une entretoise formant passerelle placée à 22 m de hauteur au-dessus du niveau de l'eau dans le bief inférieur. Sur cette passerelle, au centre, se trouve le poste du chef éclusier qui opère de là toutes ses manœuvres.

Les pistons des presses ont 2,28 m de diamètre; les corps de presses ont 2,35 de diamètre intérieur. La course correspondante à la levée totale des chambres est de 14,80 m. Les pistons plongeurs sont en fonte de 81 mm d'épaisseur, en morceaux de 1,685 m de longueur, assemblés par des des brides intérieures au moyen de 40 boulons par joint. Ces joints ont une rainure circulaire dans laquelle est placé un fil de cuivre de 2,5 mm qui est écrasé par le serrage des boulons. Les corps de presses sont en acier coulé de la même épaisseur que les pistons et composés de pièces assemblées de la même manière, sauf que le joint est opéré entre les diverses pièces par des anneaux de plomb pénétrant dans des gorges en forme de V. Les joints sont faits par 56 boulons de 40 mm de diamètre par rangée. Les pistons et les corps de presses sont essayés préalablement à la mise en service à une pression hydraulique de 84 kg par centimètre carré, soit au double de la pression de fonctionnement.

Digitized by Google

A la partie supérieure du corps de presse se trouve un presse-étoupe que traverse le piston plongeur; la garniture est faite avec du chanvre graissé serré par le chapeau au moyen de 36 boulons à écrous.

Les presses sont calées dans les puits avec des coins ajustables, de sorte qu'on peut facilement les centrer. Leur mise en place a été faite d'une manière très simple. On a descendu, au moyen de la grue de montage, la presse pleine d'eau avec son robinet de décharge fermé; une fois le corps en place définitive, on a descendu la première section du plongeur dont le fond reposait sur l'axe de la presse; on a fait la garniture du presse-étoupe, puis, en ouvrant l'échappement à l'eau, on a laissé descendre doucement le piston, puis on a ajouté la seconde section du plongeur et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait acquis sa longueur totale.

Les portes qui ferment les extrémités des chambres sont à charnière et peuvent tourner autour de leur côté horizontal inférieur; des flotteurs en tôle leur permettent de se tenir levées lorsqu'on y introduit de l'air, et des pistons hydrauliques les maintiennent hermétiquement fermées; lorsqu'elles sont ouvertes, elles s'engagent dans une retraite pratiquée dans le fond des chambres pour qu'elles ne fassent pas saillie. L'étanchéité est assurée par des bandes de caoutchouc de 62,5 × 12,5 mm, que la pression de l'eau applique contre les parois métalliques. Le joint entre l'extrémité des chambres et les abouts des canaux fixes est opéré par un tube de caoutchouc de 51 mm de diamètre gonflé par de l'air à la pression de 0,7 kg par centimètre carré.

La force motrice pour les opérations est empruntée à la chute due à la différence de niveau des deux biefs; l'eau agit sur un cylindre moteur formant machine à colonne d'eau à double effet de 1,016 m de diamètre et 0,610 de course; la tige du piston, laquelle tige a 0,152 m de diamètre, sortant par les deux bouts, forme les plongeurs de ces pompes.

**Les hécatombes de la paix.** — Les journaux américains donnent, d'après un rapport de l'Interstate Commerce Commission, des chiffres très instructifs sur les conséquences des accidents de chemins de fer aux États-Unis, pour l'exercice qui a pris fin au 30 juin 1906. Nous rappellerons que nous avons donné, dans la Chronique de novembre 1906, page 742, les chiffres correspondants pour la période précédente, c'est-à-dire antérieurement au 30 juin 1905.

Voici ces résultats :

| | | |
|---|---|---|
| Voyageurs | tués | 350 |
| | blessés | 10 133 |
| Employés | tués | 3 807 |
| | blessés | 55 524 |
| TOTAUX | tués | 4 157 |
| | blessés | 65 687 |

Le second semestre de 1906 parait avoir donné des résultats encore plus effrayants, car ils correspondraient pour douze mois à des totaux de 5 700 morts et 78 000 blessés.

En présence de l'énormité de ces chiffres, les journaux dont nous parlons invoquent les circonstances atténuantes en faisant valoir comme

Digitized by Google

telles : l'énorme développement des voies ferrées aux États-Unis, les longs parcours des trains, la presque totalité de voie unique, etc., causes, d'après eux, d'accidents plus nombreux. Mais nous trouvons, dans l'*Engineering Record*, sous le titre suggestif *Les carnages de la paix*, un article sur ce sujet dont il nous parait intéressant de donner un résumé.

A une des dernières conférences de la paix, un orateur ne craignit pas d'avancer que si les porteurs de branches d'olivier avaient réellement en vue de protéger l'humanité contre la mort et contre la souffrance, ils feraient bien de diriger d'abord leur attention vers les accidents de la paix.

Si les États-Unis, disait-il, étaient en guerre permanente, cette guerre ferait moins de victimes que les accidents de chemins de fer, accidents qui sont cependant plus faciles à prévenir que les rencontres armées. Le nombre des victimes est supérieur à la totalité du personnel des armées de terre et de mer des États-Unis. Pour mieux frapper l'esprit, on peut dire que le chiffre annuel des victimes indiqué plus haut est très supérieur à celui des pertes faites par l'armée anglaise pendant toute la durée de la guerre avec les Boers. Si dix grands navires de guerre disparaissaient dans un combat naval avec tout leur équipage, ils feraient moins de veuves et d'orphelins que n'en font les seuls accidents de chemins de fer. Si on ajoute à ceux-ci les autres causes, telles que chutes de constructions, accidents de mines, de bateaux et d'automobiles, on arriverait à des totaux d'autant plus déplorables que la plus grande partie pourrait très probablement être supprimée.

En effet, un rapport de l'Interstate Commerce Commission dit que 70 0/0 des collisions survenues sur les chemins de fer des Etats-Unis sont dues à la négligence du personnel des trains et que 95 0/0 des accidents survenus en 1906 sur l'Erié R. R. tiennent à ce que les agents responsables n'ont pas fait leur devoir.

Il est singulier que les États-Unis, nation pacifique et favorable à l'arbitrage, aient un rôle tristement prépondérant dans ces holocaustes. On s'habitue, d'une manière fâcheuse, à considérer les accidents comme inévitables ; c'est la rançon du progrès, dit-on, et on ne fait pas attention que, dans les autres pays, on est loin de la payer à ce taux.

Le journal américain cherche les causes de cette situation spéciale aux États-Unis et n'hésite pas à l'attribuer à l'absence de responsabilité directe. Si on examine les catastrophes récentes, et si on regarde à qui elles ont pu être attribuées, on trouve presque toujours une absence complète de conclusions ; les responsabilités disparaissent dans le dédale d'une administration impersonnelle.

L'Ingénieur peut et doit jouer un grand rôle dans la modification de cet état de choses. Il doit d'abord donner l'exemple et veiller à ce que tout ce qu'il fait et fait faire le soit suivant les règles et avec toute la perfection possible. Son influence dans le cabinet et sur les chantiers doit produire les plus heureux effets. Si, de plus, il était universellement reconnu que la négligence et l'ignorance entraînent des responsabilités effectives, on ne tarderait pas à voir se réduire considérablement le nombre des accidents.

Mais l'initiative individuelle ne suffit pas, il faut encore autre chose.

Digitized by Google

Le journal est d'avis que les grandes Sociétés d'Ingénieurs — n'oublions pas que nous sommes aux États-Unis — nomment des délégués pour former, avec d'autres choisis par les autorités constituées, une sorte de Comité de Salut Public, chargé d'organiser des mesures de prévention contre les accidents et surtout ceux relatifs au transport du public. Ce serait quelque chose d'analogue à la prévention des accidents de fabriques qui a amené des résultats très satisfaisants. Cette Commission devrait, de plus, faire des enquêtes sur les accidents pour déterminer les responsabilités et les moyens d'en prévenir le retour. L'*Engineering Record* ne doute pas que quelques années de fonctionnement d'une telle organisation ne produisent des effets merveilleux. En tout cas, il n'est que temps de remédier à une situation tout à fait indigne d'un pays civilisé.

**Sir Benjamin Baker.** — Nous croyons devoir consacrer ici quelques lignes à retracer la carrière de sir Benjamin Baker, mort subitement le 19 mai dernier, à Pangbourne, près de Londres, à l'âge de soixante-sept ans.

Cet ingénieur éminent était né en 1840, à Touder, dans le comté de Clamorgan; il entra à seize ans en apprentissage chez Price et Fox, aux forges de Neath-Abbey, dans le Pays de Galles, et y acquit une connaissance approfondie des propriétés du fer, laquelle lui fut d'une immense utilité au cours des travaux qu'il devait exécuter plus tard.

En 1860, Baker fut employé, comme assistant de M. Wilson, à l'exécution de la gare de Victoria et du pont de chemin de fer sur Grosvenor Road et, en 1862, entra chez sir John Fowler avec lequel il resta associé jusqu'à la mort de celui ci survenue en 1898. Il débuta par les travaux de la ligne de Saint-John's Wood et du Métropolitain; en 1867, il fut chargé de la construction du District dont la partie entre Wesminster et la Cité présentait de très grandes difficultés.

Baker alla ensuite en Égypte pour l'étude de travaux considérables projetés par le Khédive et dont le plus considérable était un canal de navigation et d'irrigation à établir entre Alexandrie et le Caire; ce projet ne fut pas mis à exécution, mais Baker resta en relation intime avec l'Égypte jusqu'à la fin de sa vie. Sa première œuvre pratique y fut le transport à Londres de l'Aiguille de Cléopâtre, opéré en 1878.

On sait que ce monolithe fut enfermé dans un cylindre métallique étanche, puis roulé jusqu'à la mer et remorqué jusqu'à destination. Pendant une tempête, il fut abandonné dans la baie de Biscaye, retrouvé près du Ferrol et amené enfin dans la Tamise.

L'ouvrage qui consacra la réputation de Baker fut la construction du pont du Forth. L'étude de cet ouvrage avait été faite d'abord par sir Thomas Bouch, mais le désastre du pont du Tay construit par cet ingénieur fit qu'on demanda un nouveau projet à sir John Fowler et à M. Baker qui furent chargés de l'exécution.

Ce magnifique travail, dans lequel la longueur des grandes travées atteignit pour la première fois le chiffre de 518,50 m et qui a coûté 80 millions de francs, valut à Baker d'être élevé à la dignité de chevalier, tandis que sir John Fowler était nommé baronet.

Digitized by Google

On peut citer encore à l'actif de l'Ingénieur dont nous retraçons la carrière le Central London Railway et divers autres ouvrages, mais ce qui devait couronner son œuvre est la construction du barrage d'Assouan dans la Haute-Égypte. Nous rappellerons que ce barrage colossal de 2 km de longueur et 36 m de hauteur forme une retenue de 360 km$^3$ il a coûté environ 75 millions de francs. Dans ces derniers temps, son auteur avait étudié un pont sur le Nil, à Boulac (port du Caire), dont les fondations à établir dans une couche de sable d'épaisseur inconnue présenteraient de très sérieuses difficultés.

Sir Benjamin Baker avait beaucoup écrit; s'il ne laisse pas d'ouvrages proprement dits, il avait publié un grand nombre d'articles dans les revues techniques et les bulletins des Sociétés savantes; on peut citer notamment des études très développées sur les ponts à grande portée, la résistance des poutres, l'emploi des maçonneries de briques, les chemins de fer urbains, etc., toutes études d'une grande valeur.

Entré à l'Institution of Civil Engineers en 1867, Baker en avait été nommé Président en 1895. Son discours d'installation offre un grand intérêt. Il fut aussi vice-président de la Société Royale et de la Société des Arts et membre de quantité de Sociétés savantes. On peut le citer, tant par les travaux remarquables qu'il a exécutés que par les principes scientifiques apportés à leur étude et à leur construction, comme un des Ingénieurs qui ont fait le plus d'honneur à la profession.

Digitized by Google

# COMPTES RENDUS

## SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

### Mai 1907.

Rapport de M. Ed. Sauvage sur l'**Autoloc**, appareil de calage, présenté par M. Jamart.

Nous nous bornons à mentionner ce rapport, ayant déjà eu plusieurs fois occasion de parler de l'appareil qui en fait l'objet.

Rapport de M. Ed. Sauvage sur un **calibre universel** et sur un **porte-outil**, présentés par M. Lombard.

Le calibre universel est un pied à coulisse auquel est ajoutée une réglette mobile articulée formant rapporteur. Tandis que le pied à coulisse permet de prendre, comme d'habitude, les épaisseurs et les diamètres, le rapporteur, muni d'un vernier, donne les angles compris entre les arêtes de la réglette tournante et de la règle principale du pied. En outre, l'inventeur a introduit sur l'appareil une série de graduations qui simplifient les calculs numériques. Ainsi, lorsqu'on mesure un diamètre entre les mordaches du pied, on peut lire, sur une seconde graduation, la longueur de la circonférence de ce diamètre.

Le porte-outil est destiné à recevoir un outil à disque ; sa disposition est ingénieuse : il permet d'employer dans de bonnes conditions les outils à disque et constitue une pièce d'outillage intéressante.

Rapport de M. Liordet sur **le pétrin mécanique**, de M. Christofleau.

Ce pétrin appartient au genre dans lequel un agitateur est établi dans une caisse rectangulaire parallèlement à la grande dimension de celle-ci ; la caisse est à fond hémicylindrique, mais elle est très courte, sa longueur ne représentant que la moitié de la profondeur ; sa forme rappelle un peu celle de l'auge d'une meule de rémouleur.

L'agitateur formé d'un cadre en fer, porté sur tourillons, tourne comme le ferait la meule. Cette forme assure un soufflage énergique de la pâte qui se présente, à la fin du pétrissage, sous un aspect des plus satisfaisants. Ce pétrin simplifie le travail et donne de très bons résultats.

Rapport de M. A. Moreau sur **le nettoyage par le vide** par appareil **Soterkenos**.

Le nettoyage par le vide résout de la manière la plus simple, la plus pratique et la plus hygiénique le problème de l'enlèvement de la poussière.

L'appareil Soterkenos comprend une machine à faire le vide, composée généralement de deux pompes et de filtres qui retiennent la poussière, filtres en textile ou autre matière perméable à l'air. Le tout est monté, avec le moteur, sur un chariot et peut être facilement amené sur l'emplacement où on doit s'en servir.

En travail, il maintient une dépression de 35 à 40 cm de mercure et possède un système de filtration capable de retenir les impuretés même les plus fines.

Il y a des installations fixes pour les grands magasins, hôtels, etc.

**Le sol de nos routes et de nos rues**, par le lieutenant-colonel Espitallier.

En présence du développement de l'automobilisme, l'auteur s'occupe de l'influence exercée par ce mode de transport sur le sol des routes et des rues et des moyens d'empêcher la destruction de ce sol, de quelque nature qu'il soit constitué. Une des conséquences de cette destruction est la production de la poussière contre laquelle on emploie le goudronnage.

Cette question est traitée très en détail avec des renseignements pratiques intéressants.

**Les rayons cathodiques et l'aurore boréale** par M. P. Villard.

On admet souvent que les aurores boréales sont produites par des rayons cathodiques, mais on n'a rien apporté de bien satisfaisant à l'appui de cette hypothèse. L'auteur s'est proposé d'entreprendre une étude détaillée des propriétés magnétiques des rayons cathodiques en vue de vérifier l'hypothèse dont nous venons de parler et cette étude le conduit non seulement à une explication vraisemblable de ce phénomène naturel, mais à la possibilité d'en discuter l'origine terrestre ou cosmique.

**Notes de chimie**, par M. Jules Garçon.

On trouve traitées dans ces notes les questions suivantes : Sur les efflorescences des briques. — Sur le galvanisage par stérardisation. — Les métaux du groupe de l'ytterbium. — Les huiles d'olives algériennes. — Pouvoir réducteur de différentes celluloses. — Papier de courtes fibres. — Sur l'insolubilisation de la gélatine par la quinone. — Sur la théorie de la teinture. — Sur les laits aigris.

**Notes de mécanique.**

Nous trouvons les notes suivantes : Calorimètre enregistreur pour explosions. — Enfourneuses mécaniques allemandes pour fours Martin.

Digitized by Google

# SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

## Mai 1907.

### District de Paris.

*Réunion du 12 avril 1907.*

Communication de M. Francis Laur sur **les prévisions de dégagements de grisou** par les baisses barométriques brusques et les phénomènes sismiques.

L'orateur débute par exposer que l'écorce terrestre a une vie propre; elle est traversée par des courants magnétiques, elle est le siège de courants calorifiques divers, elle a son électricité et ses frémissements sismiques; l'eau y circule à tous ses états et une foule de gaz y sont occlus qui ne demandent qu'à se dégager; or, ces dégagements sont influencés par des causes très diverses, au premier rang desquelles on peut mettre la pression atmosphérique et les secousses sismiques. L'auteur cite un certain nombre d'exemples de la simultanéité de ces phénomènes. Il croit même qu'on peut ajouter l'apparition des taches solaires comme cause initiale, à cause de l'activité de ces taches sur l'atmosphère externe (mouvements atmosphériques, électricité, etc.) et la réaction de cette dernière sur l'atmosphère interne, notamment sur les gaz à haute tension imbibant les roches de l'écorce terrestre; de là phénomènes sismiques, dégagements du grisou, etc.

M. Laur estime que les dégagements gazeux violents de l'écorce terrestre sont soumis aux lois suivantes :

1° Remontée brusque de la pression atmosphérique après une dépression;

2° Établissement d'un régime de hautes pressions d'au moins huit à dix jours et calme sismique;

3° Premiers phénomènes sismiques;

4° Battements légers, prémonitoires de la colonne mercurielle et commencement du dégagement gazeux;

5° Dépression brusque, tremblement de terre, orages magnétiques;

6° Battements importants de la pression avec continuation du dégagement gazeux.

Déjà, en France, plusieurs mines ont établi un service spécial pour l'avertissement; les baisses barométriques brusques sont signalées télégraphiquement à toutes les sections et on va jusqu'à faire évacuer les chantiers les plus dangereux. Il est à désirer de voir ces mesures se généraliser et se développer.

Communication de M. Lenicque sur l'**importance du rôle de la préparation mécanique** dans l'étude d'un gite métallifère.

Rappelant une communication précédente sur l'échantillonnage et l'analyse d'un minerai en vue de l'estimation de sa valeur réelle, l'auteur

Digitized by Google

fait remarquer que si, dans ce cas, le rôle du chimiste est prépondérant, il n'en est plus de même quand il s'agit d'estimer la valeur d'un minerai brut, surtout dans des expertises ayant pour objet l'estimation de la valeur d'une mine. Alors la question est surtout d'apprécier la constitution physique du minerai, pour savoir s'il se prêtera aux opérations par lesquelles il devra passer pour arriver à l'état de minerai marchand.

La note développe ces considérations en les appuyant par des exemples et conclut que non seulement l'Ingénieur doit faire des essais de préparation mécanique sur le minerai qu'il étudie, avant de le soumettre à l'analyse chimique, mais encore qu'il faut tenir un compte sérieux de ces essais préalables pour estimer la valeur pratique et industrielle de ce minerai.

Communication de M. Bel sur **les laboratoires industriels.**

La communication précédente soulève la question de l'établissement de laboratoires industriels où on puisse faire des essais de préparation mécanique. L'initiative privée s'étant jusqu'ici montrée peu disposée à réaliser cette création, il semble qu'il n'y a guère d'autre ressource que de s'adresser à l'État. Un laboratoire de ce genre rendrait de très grands services ; il pourrait être installé au Conservatoire des Arts et Métiers.

M. Lenicque estime qu'il y a déjà assez d'installations officielles et pense que le laboratoire en question ne serait pas fréquenté.

Juin 1907.

District du Nord.

*Réunion du 28 avril 1907.*

L'objet de cette réunion était la communication des rapports des cinq Commissions : aérage, éclairage, remblayage, sauvetage, explosifs et poussières.

On trouve dans le Bulletin un résumé de chacun de ces rapports. Nous y renverrons ceux de nos Collègues que les sujets traités intéresseraient particulièrement, en leur signalant spécialement le rapport sur le sauvetage, où la question des appareils est traitée avec quelques développements.

*Pour la Chronique et les Comptes rendus :*
A. Mallet.

---

Digitized by Google

# BIBLIOGRAPHIE

## I^re SECTION

**Barrages en maçonnerie et murs de réservoirs,** par Henri Bellet, Ing. civil (1).

L'étude des barrages prend de jour en jour plus d'importance en raison du développement des usines hydrauliques qui produisent l'énergie électrique transportée chaque jour à des distances plus grandes.

L'ouvrage est divisé en quatre parties. La première comprend des généralités, un exposé sommaire des principaux modes de construction des barrages : digues en terre, barrages mixtes, en ciment armé et en maçonnerie.

La seconde partie comprend l'historique de l'étude des barrages, depuis la méthode encore incertaine de M. de Sazilly jusqu'à celle rigoureuse de M. Maurice Lévy.

La troisième partie est consacrée à la théorie mathématique du barrage, tant rectiligne que courbe. On y trouvera le calcul des pressions normales ainsi que celui du glissement sur des sections de direction quelconque. L'auteur montre qu'il peut, dans certains cas, se produire des efforts de traction à l'aval en charge, et il indique le moyen de les éviter.

La quatrième partie est surtout pratique. Elle contient la description d'un grand nombre de barrages de grande hauteur tant en France qu'à l'étranger. L'auteur donne ensuite des méthodes permettant de simplifier beaucoup les calculs d'un avant-projet de barrage, puis il donne quelques conseils sur la construction de ces ouvrages.

L'ouvrage se termine par quelques notes annexes, où l'on trouvera notamment le texte de la circulaire du 15 juin 1897 qui régit les conditions auxquelles doivent satisfaire les barrages à construire sur les cours d'eau non navigables ni flottables dépendant du Ministère de l'Agriculture.

---

**La construction en béton armé**, par C. Kersten, traduit par P. Poinsignon (2).

Le brevet de 1867 attribue la découverte du béton armé à M. Joseph Monier qui le premier appliqua ce nouveau genre de construction à

(1) In-8°, 255×165 de xii-336 p. avec 109 fig. Grenoble, A. Gratier et Jules Rey, 1907. Prix broché, 8 f.

(2) In-8°, 230×140 de iv-194 p. avec 119 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1907. Prix broché, 18 f.

Digitized by Google

des caisses et à des réservoirs de dimensions de plus en plus grandes ; puis à des couvertures. Plus tard de nombreux brevets furent exploités en France pour la construction de divers ouvrages et de bâtiments entiers ; dès lors, cet art moderne se répandit dans toutes les parties du monde civilisé.

L'auteur reconnait qu'en Allemagne on ne se familiarisa que lentement avec le béton armé auquel manquait des méthodes de calcul permettant de déterminer la résistance et la stabilité des constructions; mais aujourd'hui qu'il est universellement admis, ce genre de construction tend à s'introduire non seulement dans les bâtiments, mais encore dans de nombreux travaux d'art.

M. Kersten reconnait aussi que le béton armé nécessite une surveillance toute particulière, un personnel ouvrier entraîné et sûr.

Après quelques généralités, il étudie les matières, le mode d'exécution et les formes fondamentales des constructions.

Il indique aussi les modes de calcul des planchers, des piliers, des voûtes etc. Enfin, dans un appendice, on trouve un tableau de la densité des matériaux et divers autres renseignements utiles.

---

**Rivetage,** par M. Fricker, Ing. civil des Constructions navales (1).

L'auteur étudie d'abord dans la première partie le rôle des rivets dans les assemblages à un point de vue général; puis il examine en détail les formes, proportions et distances relatives des rivets.

Dans la deuxième partie, on trouve un certain nombre de règles relatives au groupement des rivets et le calcul très complet des rivures.

Pour terminer, dans la troisième partie, l'auteur passe à l'exécution du rivetage et y étudie en détail l'usinage des matériaux, la fabrication des rivets, leur chauffage, enfin les opérations de la rivure mécanique et à la main, le matage et le dérivetage.

---

**Exposition universelle de Liége, 1905.** — *Classes 28 et 29.* — Rapport par MM. Marsaux et Candlot (2).

Cet intéressant rapport passe en revue d'abord les principales expositions de la classe 28 : « Matériaux. Matériel et procédés du génie civil » ; on y trouve la description de plusieurs installations importantes. Puis, dans la classe 29 « Modèles, plans et travaux publics », comprenant 50 exposants dont 22 Français, on voit figurer, à côté d'ou-

(1) In 8°, 190×120 de 168 p. avec 40 fig. Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1907. Prix broché, 2,50 f.

(2) In-8°, 275×185 de 81 p. avec 9 fig. Paris, Comité Français des Expositions à l'étranger, 1907.

Digitized by Google

vrages déjà anciens, des dessins de grands travaux plus récents qui montrent les progrès incessants de cette industrie.

En somme, on constate que dans le groupe VI la section française a figuré très honorablement au premier rang.

---

**La question du tunnel des Alpes**, par Ch. Theryc.

Dans le but de paralyser la concurrence des tunnels alpins en détournant au profit du commerce et des ports français une grande partie du transit de l'Europe Centrale, l'auteur propose la construction, depuis la frontière alsacienne jusqu'à Marseille, d'un railway-canal sur lequel glisseraient des wagons munis de patins hydrauliques du type Girard-Barré perfectionné.

M. Theryc montre bien l'économie de traction de son système, mais il a malheureusement négligé le devis de construction de cette ligne de 720 kilomètres, de sorte qu'il est impossible d'établir une comparaison complète avec les moyens de transports actuels.

---

Digitized by Google

# TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 1er SEMESTRE, ANNÉE 1907

*(Bulletins de janvier à juin.)*

---



Digitized by Google

Digitized by Google

---

Digitized by Google

# TABLE DES MATIÈRES

**TRAITÉES DANS LE PREMIER SEMESTRE DE L'ANNÉE 1907**

*(Bulletins de janvier à juin)*

## ADMISSIONS DE NOUVEAUX MEMBRES



## AVIATION ET NAVIGATION AÉRIENNE



## BIBLIOGRAPHIE



Digitized by Google

## CHIMIE INDUSTRIELLE



## CHRONIQUE

Voir *Table spéciale des Matières.*

## COMPTES RENDUS



## CONCOURS



Digitized by Google

## CONGRÈS



## CONSTRUCTIONS CIVILES



## DÉCÈS



## DÉCORATIONS FRANÇAISES



Digitized by Google

## DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES



## DIVERS



Digitized by Google

## DONS ET LEGS



## ÉCLAIRAGE



## ÉLECTRICITÉ



Digitized by Google

## EXPOSITIONS



## HYGIÈNE



## MÉCANIQUE



## MÉTALLURGIE



## NAVIGATION



Digitized by Google

## NÉCROLOGIE



## NOMINATIONS



Digitized by Google

## OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS



## PHYSIQUE



## PLANCHES



## PRIX ET RÉCOMPENSES



## TRANSPORTS



Digitized by Google

## TRAVAUX PUBLICS



---

Digitized by Google

# TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

## NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1907.

*(Bulletins de janvier à juin.)*

---



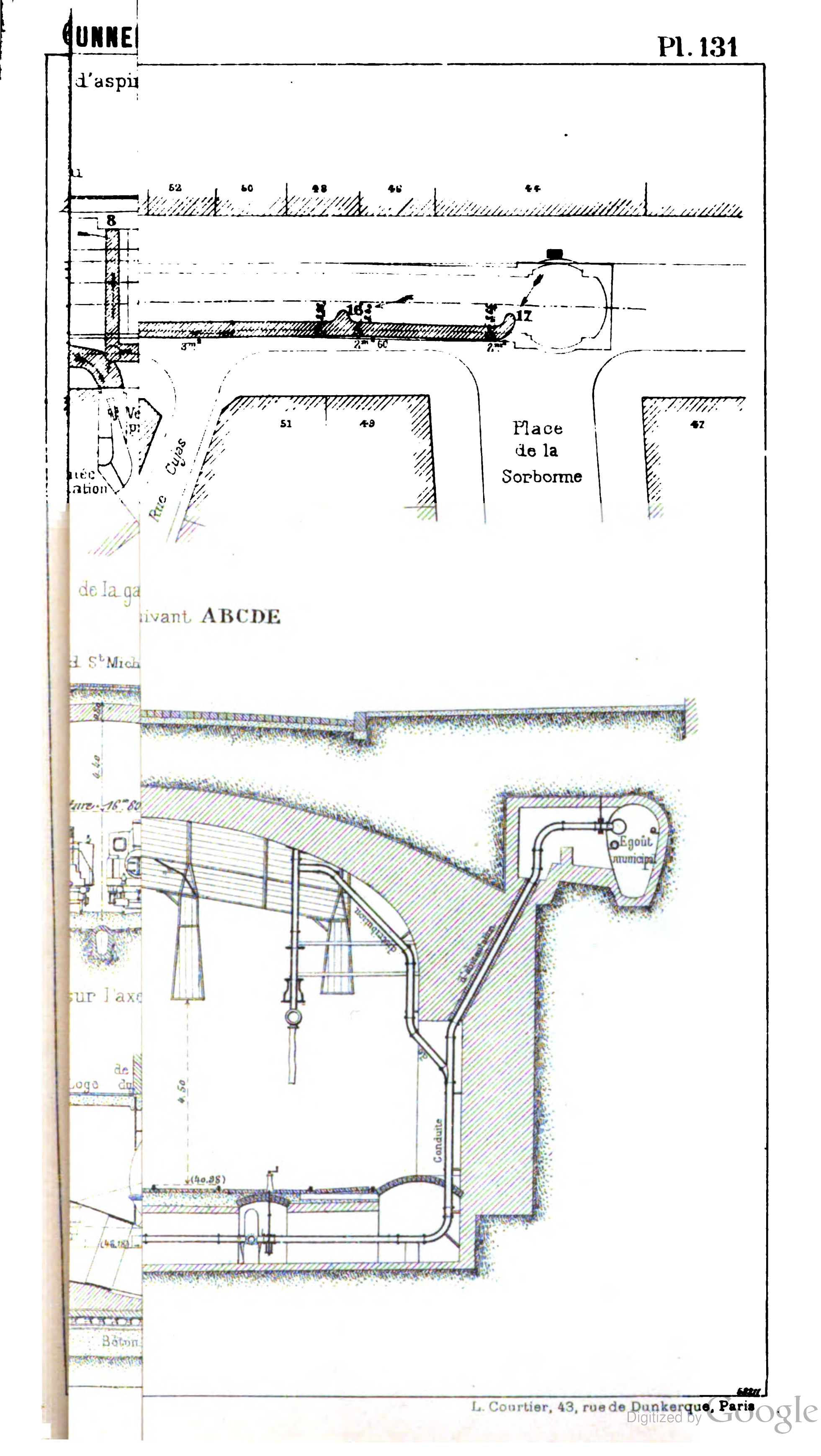
---

*Le Secrétaire Administratif, Gérant,*

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 10652-6-07. — (Encre Lorilleux)

Digitized by Google



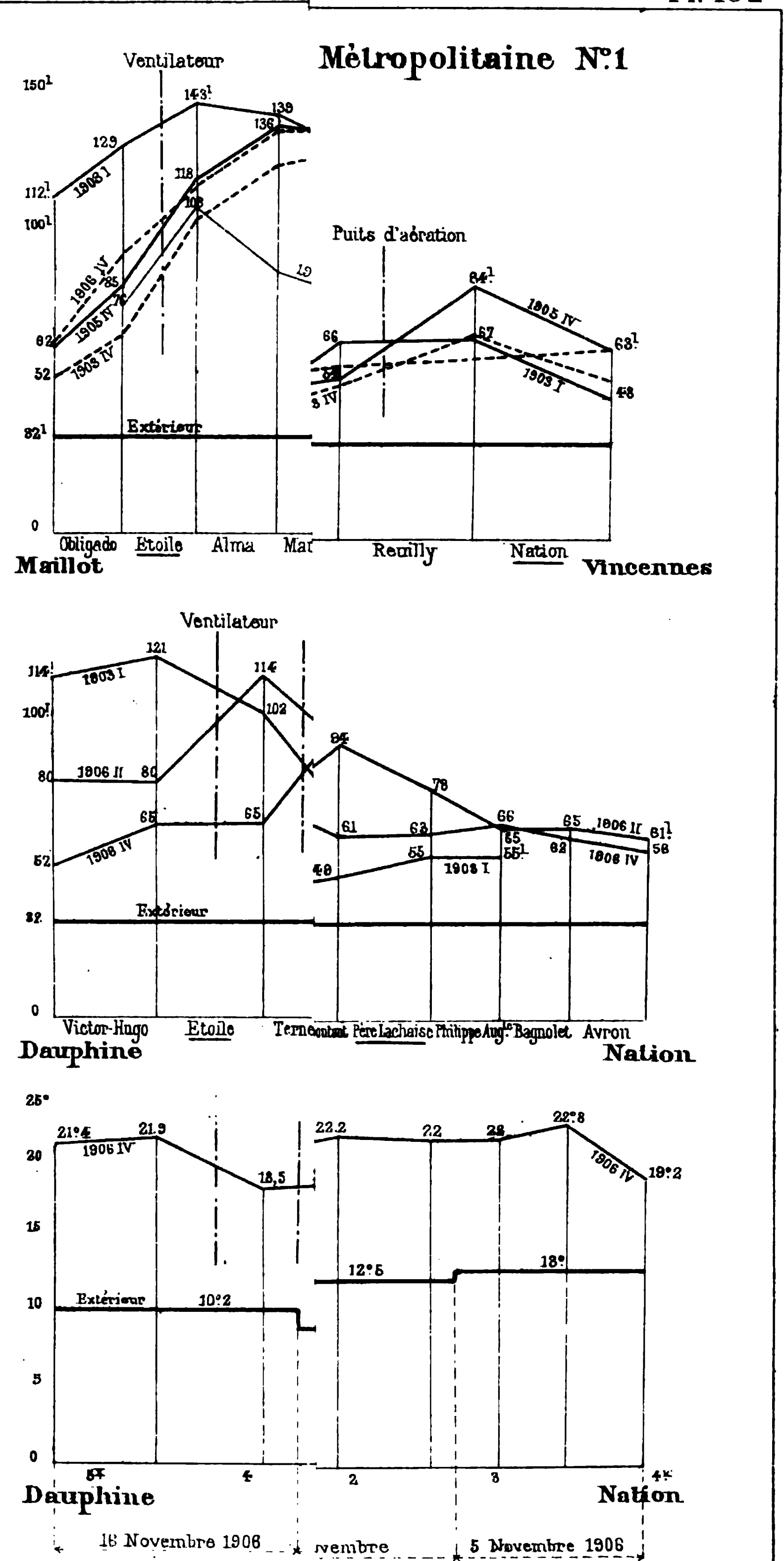



Digitized by Google

DE

Jar

Digitized by Google


Métropolitaine N°1
Ventilateur
Puits d'aération
1906 IV
1905 IV
1903 I
1903 IV
Extérieur
Obligado
Etoile
Alma
Reuilly
Nation
Maillot
Vincennes
1906 II
Victor-Hugo
Père Lachaise
Philippe Aug.te
Bagnolet
Avron
Dauphine
Nation
21°4
21.9
18,5
22.2
22°8
19°2
12°5
13°
10°2
16 Novembre 1906
5 Novembre 1906

Digitized by Google

Fig. 7. — Fraiseuse pour la préparation rapide des éprouvettes.

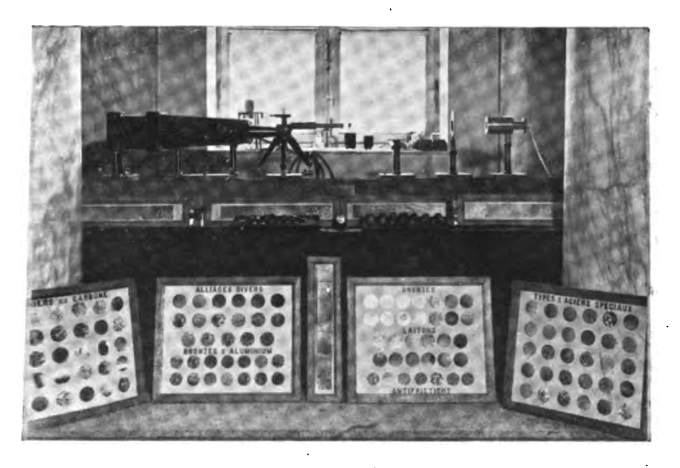



Fig. 8. — Table micrographique de M. H. Le Chatelier.

Digitized by Google

Digitized by Google

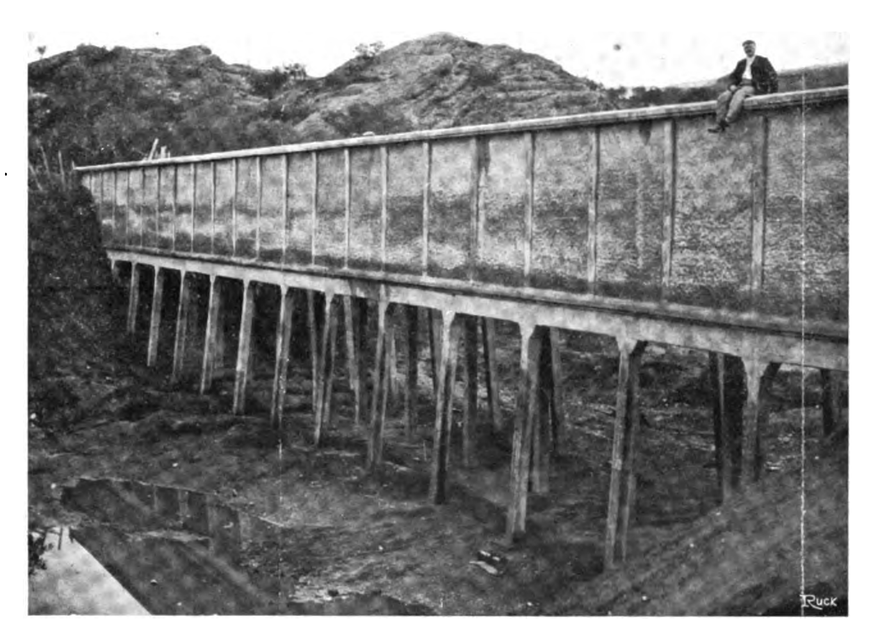



**FIG. 4. — Aqueduc de Faleva.**

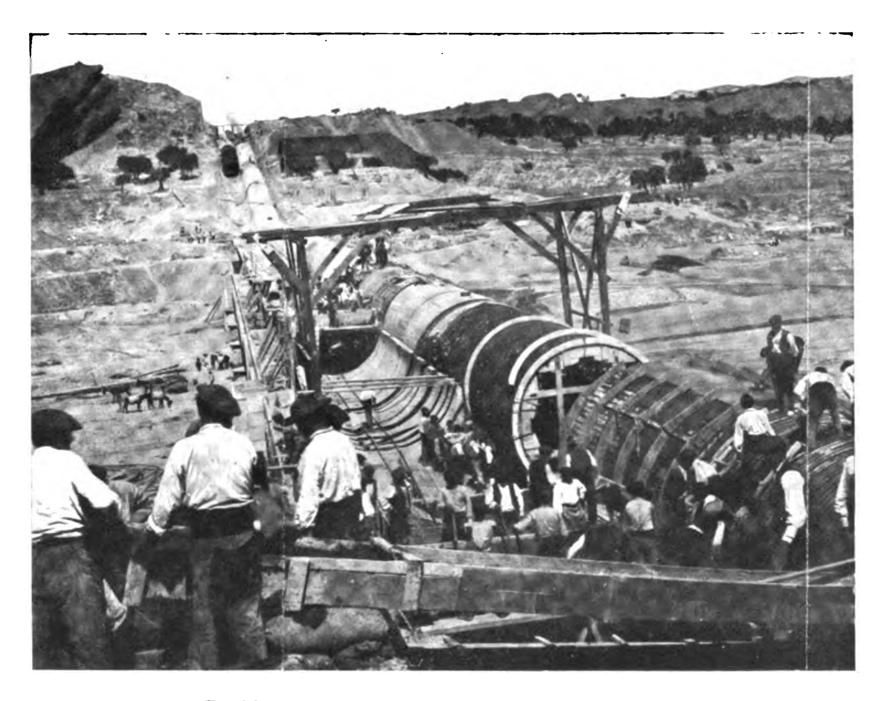


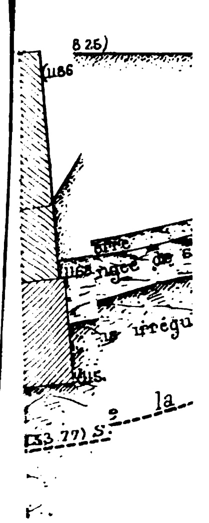
**FIG. 58. — Montage des tubes du siphon du Sosa.**

Digitized by Google

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX. — 5748-3-07.

Digitized by Google

ée (·ie).




Digitized by Google

Digitized by Google

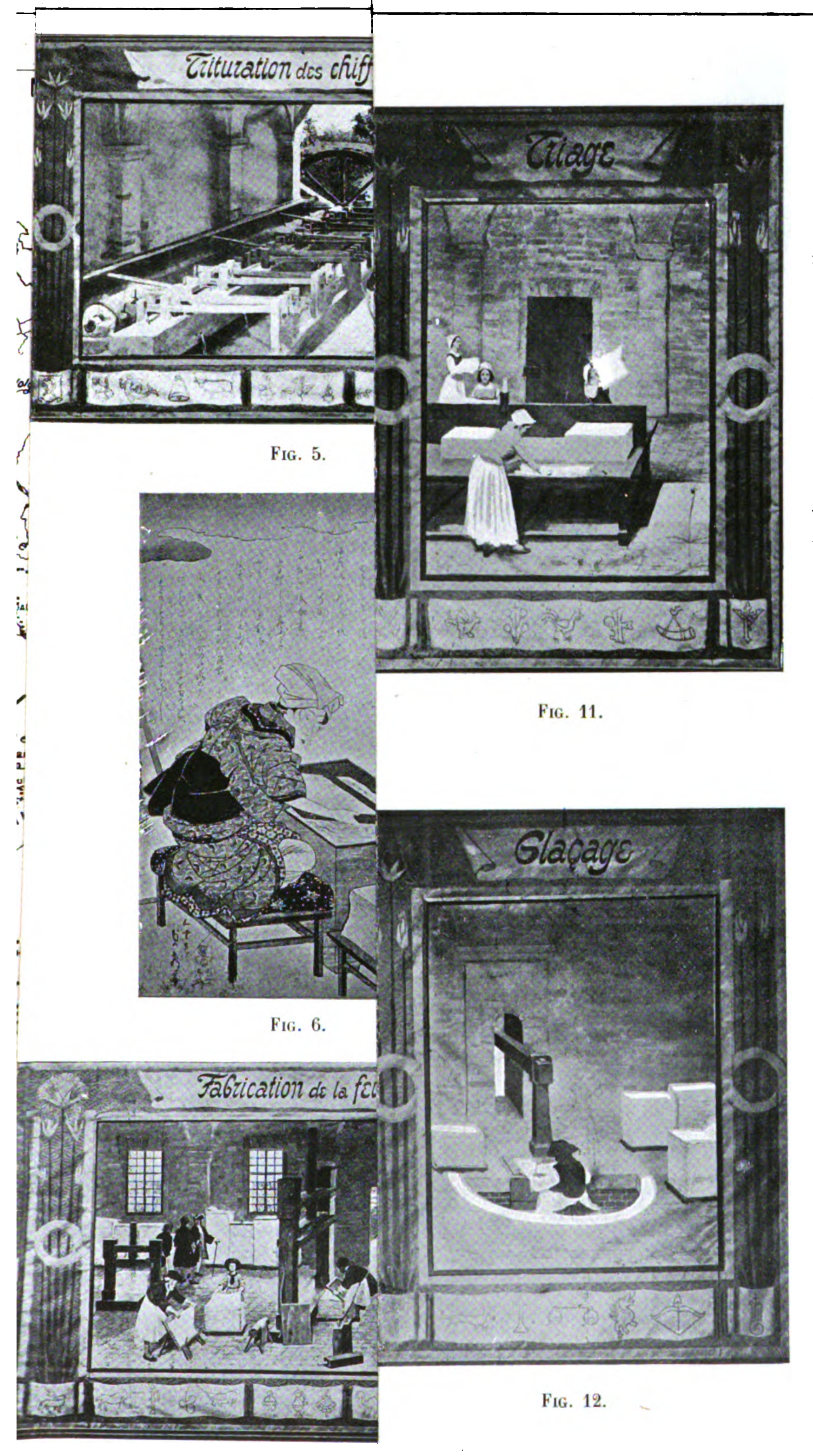



Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 8.

Fig. 11.

Fig. 12.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX. — 10212-3-07.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

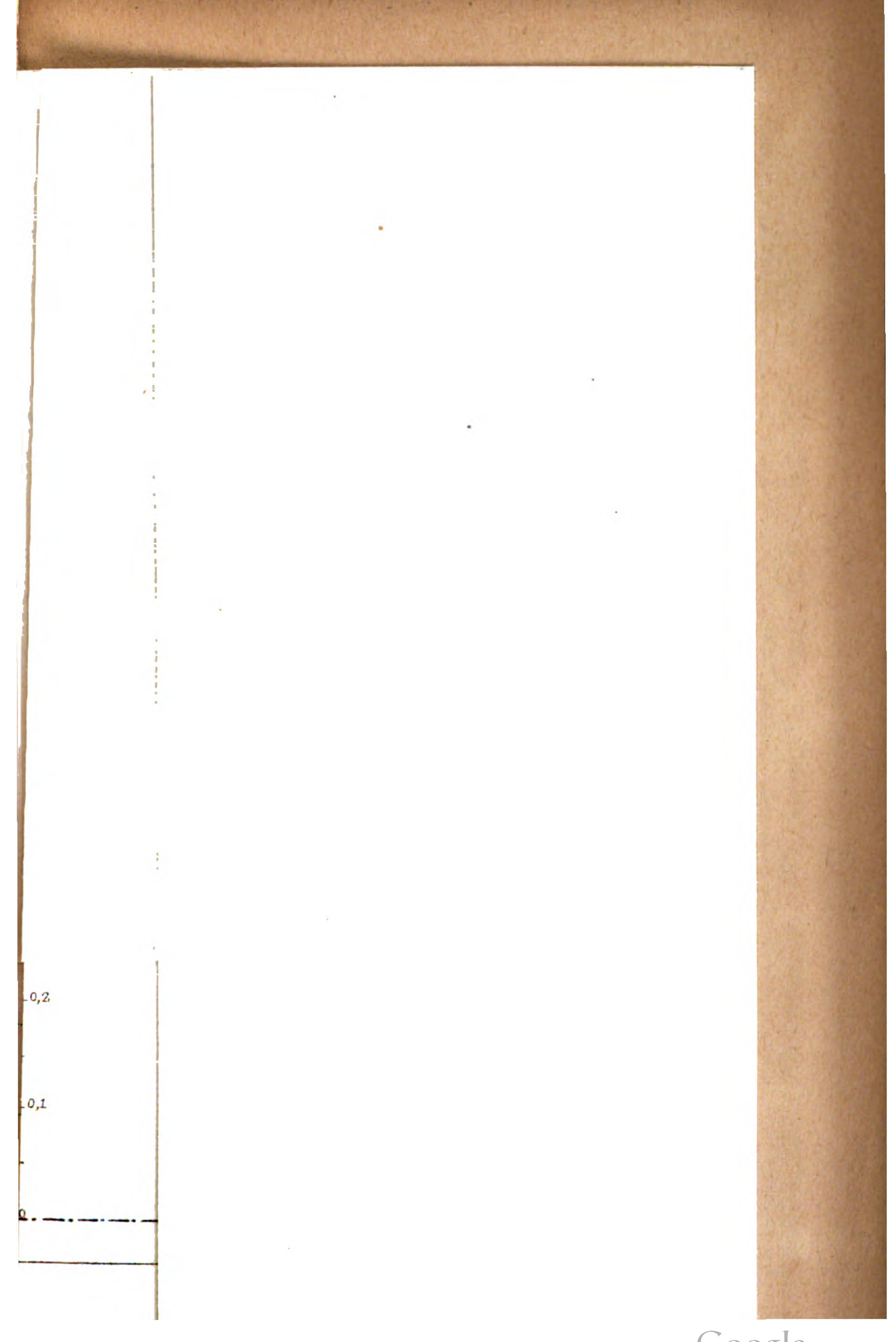
Digitized by Google

0,2

0,1

Digitized by Google

Digitized by Google




Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google